

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Status Pentanahan pada Instalasi Listrik Bangunan Berbasis Arduino Mega 2650 Pro

Dean Corio^{1*}, Reva Arya Andanu¹, Afit Miranto¹, Rizki Wahyu Pratama²

Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera¹
Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Andalas²
*dean.corio@el.itera.ac.id

ABSTRACT

The grounding system is very important in a building electrical installation. The socket is an electrical installation component that functions as a power supply line to electronic equipment which in the PUIL 2000 rules must be connected to the building grounding system. As the installation age of a building increases, the grounding system will degrade. In this research, a grounding detector has been made at the socket to determine whether the socket is connected to the grounding system. In this tool there is a plug-shaped component that is mounted on a socket. From the test results, the tool can detect the voltage, leakage current and ground connectivity detection which is displayed on the LCD screen. The optocoupler sensor installed around the wheel can read the wheel rotation well so that the distance measurement data between the outlets has a good accuracy rate approaching 100%, namely 99.26%. The Arduino Mega 2560 Pro microcontroller manages the overall measurement data results and transfers the data to the memory card. The duration of use of this tool can be up to 10 hours, which is quite a long time to be used for the purpose of checking the grounding condition of a building with this tool.

Keywords : *grounding, socket, measurement, optocoupler, building*

INTISARI

Sistem pentanahan merupakan hal yang sangat penting pada suatu instalasi listrik bangunan. Stop-kontak merupakan komponen instalasi listrik yang berfungsi sebagai jalur suplai listrik ke peralatan elektronik dimana pada aturan PUIL 2000 harus terhubung ke sistem pentanahan bangunan. Seiring bertambahnya usia instalasi sebuah bangunan, maka akan terdapat sistem pentanahan yang mengalami degradasi. Pada penelitian ini telah dibuat alat pendeteksi pentanahan pada stop-kontak untuk mengetahui terhubungnya stop-kontak ke sistem pentanahan. Pada alat ini terdapat komponen berbentuk steker yang dipasang pada stop-kontak. Dari hasil pengujian alat dapat mendeteksi besar tegangan, besar arus bocor dan deteksi konektifitas pentanahan yang ditampilkan pada layar LCD. Sensor *optocoupler* yang terpasang di sekitar roda, dapat membaca putaran roda dengan baik sehingga data pengukuran jarak antara stop-kontak memiliki tingkat keakuratan yang baik mendekati 100% yakni 99,26%. Mikrokontroler *Arduino* Mega 2560 Pro mengatur keseluruhan hasil data pengukuran dan mentransfer data pada kartu memori. Durasi penggunaan alat ini bisa hingga 10 jam dapat yang merupakan waktu yang cukup lama digunakan untuk keperluan pemeriksaan kondisi pentanahan sebuah bangunan dengan alat ini.

Kata kunci: *grounding, stop-kontak, pengukuran, optocoupler, gedung*

I. PENDAHULUAN

Pada instalasi listrik sebuah bangunan, perlu diperhatikan kehandalan instalasi dan keamanan perangkat yang terhubung ke jaringan dan penggunaannya. Sistem pengamanan gangguan yang terjadi pada peralatan listrik atau jaringan terhadap tegangan lebih seperti petir dan gangguan hubung

singkat lainnya, disebut dengan sistem pentanahan[1][2].

Sistem pentanahan yang baik mempunyai resistansi pentanahan yang kecil. Resistansi pentanahan merupakan parameter dari sistem proteksi yang berdampak dalam mengamankan tegangan lebih seperti petir dan *switching*[3][4][5]. Resistansi pentanahan yang normal harus memiliki nilai resistansi sekecil mungkin, sehingga saat dalam keadaan

gangguan mampu mengalirkan tegangan gangguan dan tegangan lebih ke tanah secepat mungkin dan tidak terjadi busur api di sekitar elektroda dalam tanah[6]. Busur api pada elektroda dalam tanah akan terjadi bila nilai resistansi pentanahan sangat besar. Hal tersebut dapat membahayakan manusia, binatang, dan tumbuh-tumbuhan disekitar elektroda pentanahan, termasuk terjadinya kerusakan pada peralatan elektronik, kerusakan instalasi listrik, dan bahaya kebakaran[7][8].

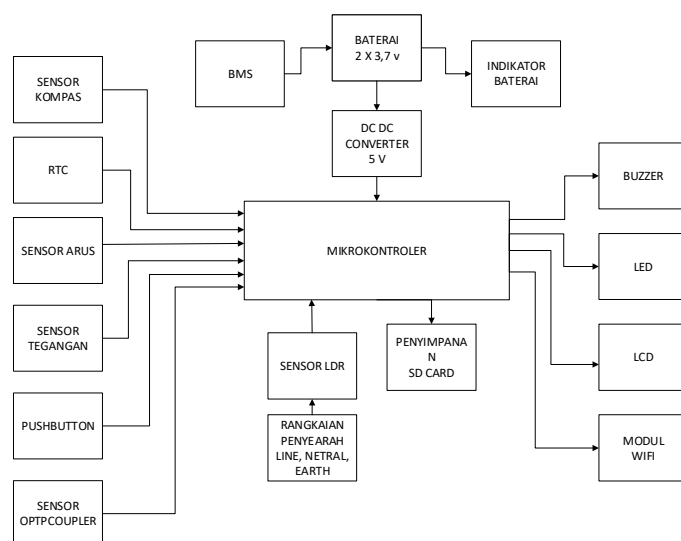
Masa sekarang masih sering dijumpai bangunan yang terpasang sistem pentanahan namun sistem tersebut belum bisa menetralsisir gangguan listrik yang terjadi pada instalasi listrik. Bahkan sering dijumpai bangunan yang tidak dilengkapi dengan sistem pentanahan pada instalasi listriknya. Hal tersebut berbahaya bagi orang-orang dalam bangunan karena bisa menyebabkan kematian. Disamping itu, tidak adanya sistem pentanahan pada instalasi listrik bangunan, dapat menyebabkan cepat berkurangnya *lifetime* dari barang-barang elektronik yang terhubung ke instalasi tersebut dan bahkan bisa menyebabkan kerusakan barang elektronik[9].

Seiring bertambahnya usia bangunan, sistem pentanahan yang terpasang pada suatu bangunan akan mengalami peningkatan nilai resistansi yang berdampak terhadap menurunnya kualitas pentanahan[9][10]. Faktor penyebab terjadinya kenaikan nilai resistansi tanah bisa disebabkan oleh karat pada elektroda pentanahan dan nilai resistansi dari tanah sekitar batang elektroda pentanahan[11]. Karat pada elektroda pentanahan akan menghambat arus yang melewatinya, sehingga aliran arus yang melalui elektroda yang seharusnya disalurkan ke tanah menjadi kurang sempurna[9]. Kualitas sistem pentanahan dilihat dari nilai resistansi yang terukur. Menurut standar PUIL 2000, nilai resistansi yang baik adalah antara 0 s/d 5 Ω . Jika hasil pengukuran nilai pentanahan menunjukkan $>5 \Omega$, maka nilai resistansi pentanahan tersebut tidak sesuai dengan standarisasi instalasi listrik yang berlaku. Nilai 5 Ω merupakan batas tertinggi resistansi pembumian yang masih bisa ditoleransi[12]. Pengukuran impedansi selama ini dilakukan secara praktis dengan mengukur tahanan resistansi dan secara percobaan dengan mengukur harga tegangan puncak dan arus injeksi secara terpisah. Impedansi pentanahan nya diperoleh dengan membagi harga tegangan puncak dengan arus puncaknya[13]. Rancang bangun alat pengukur nilai tahanan tanah digital tidak lepas dari rangkaian dasar pengukuran Arus dan tegangan, pengukuran tahanan tanah

didapatkan dari pengukuran tegangan dan arus tersebut (V/I)[14].

Salah satu komponen instalasi listrik bangunan yang terhubung langsung ke peralatan elektronik adalah stop-kontak (*receptacle*). Komponen stop-kontak bangunan yang tidak terhubung ke sistem pentanahan bisa menyebabkan bahaya bagi manusia dan peralatan elektronik[15]. Mengingat pentingnya peran sistem pentanahan pada instalasi listrik, maka dibutuhkan alat yang mudah digunakan dalam pemeriksaan sistem pentanahan pada tiap titik *receptacle*. Dalam penelitian ini dirancang alat yang dapat digunakan dalam pendeteksian pentanahan pada tiap titik *receptacle* yang mudah digunakan dalam melakukan perawatan atau pemeriksaan instalasi listrik tanpa harus membongkar instalasi listrik dan jalur konduktor pentanahan. Penggunaan mikrokontroler telah banyak diaplikasikan yang membantu para peneliti dalam menganalisa suatu permasalahan[16].

Alat ini berbasis mikrokontroler yang dilengkapi pembacaan pengukuran parameter yang penting dalam melakukan pemeriksaan pentanahan, dimana parameter arus, tegangan dan deteksi *grounding* akan tampil secara visual pada *liquid crystal display* (LCD) dan juga dari indikator nyala *light emitting diode* (LED) pada alat. Penyimpanan data pengukuran dan pengujian akan terekam pada *memory* SD card. Pengujian alat dilakukan terhadap stop-kontak yang berada pada ruangan-ruangan gedung C dan gedung D di Institut Teknologi Sumatera.



Gambar 1. Blok diagram keseluruhan sistem alat

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dirancang alat yang berfungsi untuk melakukan pendeteksian status pentanahan, serta melakukan pengukuran tegangan, arus, dan panjang kabel antar titik stop-kontak.

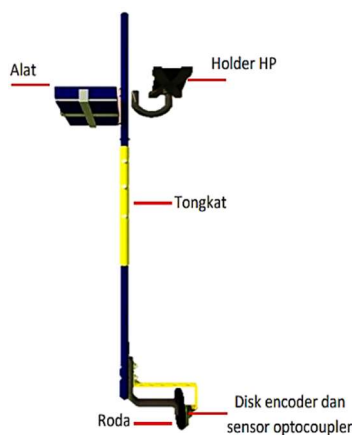
A. Perancangan Sistem

Sistem keseluruhan dari alat deteksi pentanahan yang utama adalah pembacaan sensor kompas, sensor tegangan arus dan sensor optocoupler, sedangkan sistem pendukung untuk menampilkan hasil pembacaan pada layar LCD. Pada gambar 1 terlihat blok diagram keseluruhan sistem dari alat yang dirancang.

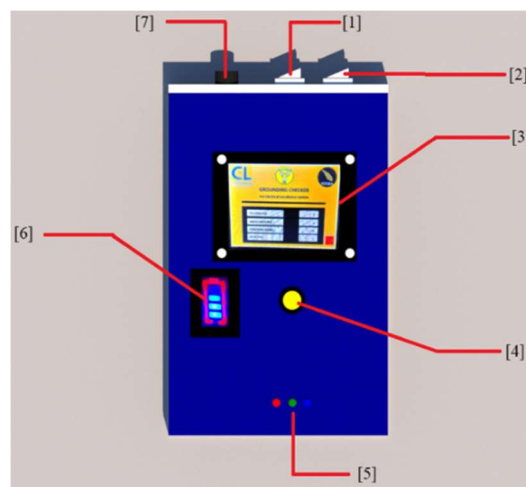
1) Desain Skematik Rangkaian

Desain rancangan skematik rangkaian dilakukan untuk melakukan konfigurasi serta menghubungkan antar komponen yang digunakan antara lain:

- *Arduino Mega 2560 pro* sebagai mikrokontroler alat pendeteksian pentanahan.
- Sensor tegangan, sensor arus, sensor kompas, dan sensor *optocoupler* sebagai inputan utama.
- modul RTC berfungsi sebagai pewaktu yang akurat saat digunakan.
- modul *wifi esp8266* dan *microsd* untuk media komunikasi ke database dan penyimpanan.
- LED, *Buzzer*, dan LCD sebagai indikator dan interface.
- DC-DC *step down* LM2596 8,4 V ke 5 V DC.
- BMS baterai 2s.



Gambar 2. Rakitan alat keseluruhan



Gambar 3. Desain tampilan box alat

2) Desain alat

Pada desain alat ini akan bentuk kotak alat yang berbahan plastik dengan tebal 2 mm, dengan memiliki LCD berwarna berukuran 2,4 inci yang terdapat pada box alat yang berguna untuk menampilkan hasil pengukuran. Box alat ini akan ditempat pada dudukan yang telah dirancang pada tongkat. Dan pada bawah tongkat terdapat roda yang memiliki briket guna menghubungkan pembacaan sensor *optocoupler* dengan roda. Pada gambar 2 dapat dilihat rakitan alat keseluruhan.

Gambar 3 menunjukkan desain tampilan box alat yang terdapat beberapa komponen penyusunnya yaitu, LCD *nextion* 2,4 inci yang terletak pada box di bagian depan (3), *push button* (4), LED indikator (5), saklar power *on/off* (1), saklar *optocoupler* (2), indikator kapasitas baterai (6) dan soket pengecasan (7).

TABEL I. PEMBACAAN STATUS PENTANAHAN.

Kondisi	Fungsi
Led merah & hijau = on	Indikator kabel ground terpasang secara Benar
Led hijau = off	Indikator ground tidak terpasang
Led hijau & biru = on	Live dan ground tertukar
Led merah & biru = on	Live dan netral tertukar
Led merah, hijau, biru = off	Tidak ada sambungan apapun

3) Pembacaan pendeteksian pentanahan

Perancangan dalam pembacaan status pentanahan pada alat ini berdasarkan rangkaian LNE yang telah

dirancang. Hal ini ditujukan untuk membaca dan mengetahui keberadaan status pentanahan pada tiap titik stop-kontak ada atau tidaknya pentanahan pada titik tersebut. Dimana akan ditampilkan indikator nyala LED yang terdiri dari LED berwarna merah, hijau, dan biru. Pembacaan status pendeteksian pentanahan dapat dilihat pada tabel I.

Pembacaan pendeteksian pentanahan pada tiap titik stop-kontak juga terdapat dalam bentuk bunyi suara dari *buzzer* yang terdapat pada alat ini, dalam perancangannya *buzzer* akan berbunyi jika terdapat sistem pentanahan pada titik stop-kontak yang dilakukan pengujian.

B. Prosedur Pengujian

Penelitian yang dilakukan terdapat enam tahapan pengujian yang akan dilakukan, yaitu pengujian pendeteksian status pentanahan, pengujian pengukuran tegangan, pengujian pengukuran panjang kabel, pengujian sensor Kompas, pengujian power supply, dan pengujian penyimpanan data pengukuran.

1) Pengujian pendeteksian status pentanahan

Pengujian pendeteksian status pentanahan yang dilakukan dengan cara menghubungkan kabel *power* pada alat ke stop-kontak, dimana pembacaan status yang dihasilkan dari rangkaian LNE yang dihubungkan dengan sebuah sensor LDR. Apabila terdapat pentanahan pada tiap stop-kontak yang diuji maka akan menghasilkan indikator dari nyala LED dan bunyi *buzzer* sebagai tanda yang akan diketahui oleh pengguna. Parameter nyala LED pada saat pembacaan status pada tabel I.

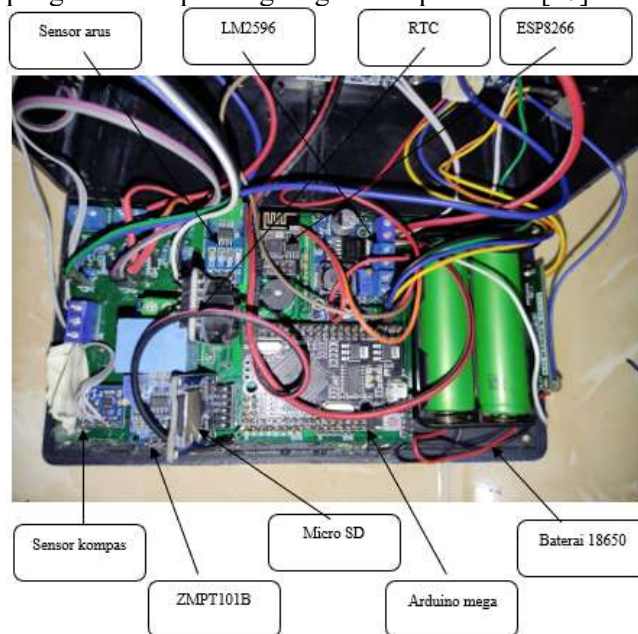
2) Pengujian sensor tegangan

Pada pengujian sensor tegangan yang akan dilakukan dengan cara menghubungkan kabel *power* alat ke stop-kontak, dimana pembacaan yang dihasilkan dari pembacaan sensor tegangan yang bertipe ZMPT101B yang telah digunakan pada alat. Hasil pengukuran yang didapatkan maka akan dibandingkan dengan multimeter digital untuk mengetahui pengukuran yang dilakukan telah benar atau tidak.

3) Pengujian panjang kabel

Pada penelitian Arif Eko Wahyudi (2015), dirancang alat ukur jarak berbasis arduino uno sebagai pengontrol utama. sensor *rotary encoder*, H38S400B

dengan 400 *counter* pulsa per putarannya, hasil pengukuran dapat langsung dilihat pada LCD[17].



Gambar 4. Komponen-komponen yang terpasang dalam *box* alat

Pada pengujian pada penelitian ini, pengukuran panjang kabel yang akan dilakukan dengan cara menjalankan roda antara titik-titik stop-kontak, dimana pengukuran yang dihasilkan dari disc *encoder* yang berputar sesuai dengan putaran roda terbaca oleh sensor *optocoupler*.

4) Pengujian sensor Kompas

Pengujian yang dilakukan hasil dari pembacaan dari sensor Kompas GY271 yang terdapat pada *box* alat yang akan diproses oleh mikrokontroler untuk menampilkan besaran nilai *bearing* Kompas, dimana pengguna sensor kompas untuk menghasilkan sudut dan arah perpindahan arah alat pada proses pemetaan.

5) Pengujian sensor Arus

Pada pengujian sensor arus yang akan dilakukan dengan cara menghubungkan kabel *power* alat ke stop-kontak, dimana pembacaan yang dihasilkan dari sensor arus yang bertipe ACS712A yang telah digunakan pada alat untuk mengukur besaran nilai arus bocor apabila terdapat gangguan pada tiap titik stop-kontak.

6) Pengujian *power supply*

Pengujian *power supply* yang dilakukan pada alat untuk mengetahui waktu pengisian ulang daya baterai dan lama pemakaian alat, pengujian ini dilakukan

dengan mengukur besaran tegangan pada saat pengisian ulang, dan pemakaian daya alat dengan multimeter digital yang dihubungkan dengan baterai yang terdapat pada alat ini. Dimana pengujian lama waktu penggunaan baterai dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\text{Lama pengisian baterai (h)} = \frac{\text{Kapasitas baterai (Ah)}}{\text{Kapasitas charger (A)}} \quad (1)$$

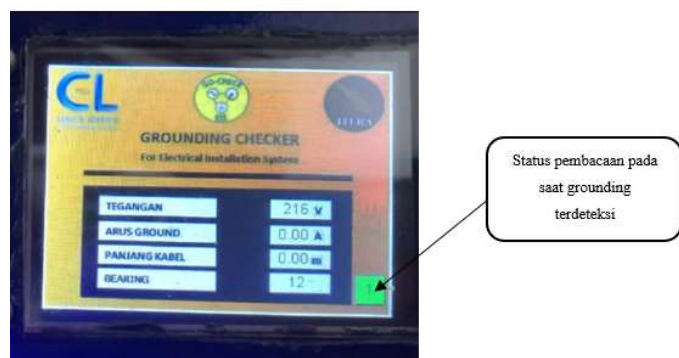
7) Pengujian penyimpanan data pengukuran

Pengujian penyimpanan data yang dilakukan guna memastikan data yang diambil pada saat pengukuran telah berhasil tersimpan dengan benar, dimana data penyimpanan secara *real time* meliputi data pengukuran tegangan, arus, panjang kabel, dan status pendeteksian pentanahan.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Alat

Hasil implementasi berupa hasil desain skematik rangkaian pada PCB yang didesain menggunakan aplikasi, yang dilanjutkan dengan perakitan komponen pada PCB yang telah dirancang seperti terlihat pada gambar 4. Pada desain *box* alat dan tongkat alat digunakan *box* berukuran 18,2 x 11,2 x 6,2 cm berwarna biru dan untuk tongkat berukuran panjang 120 cm yang terdapat roda pada bagian bawah. Setelah seluruh komponen terpasang dan terhubung maka akan dilakukan pengecekan dengan multimeter digital untuk memastikan semua jalur dan seluruh komponen terhubung tidak terputus. Hasil rancangan keseluruhan alat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 5. Tampilan indikator terdeteksi *grounding*.

TABEL II. HASIL DETEKSI PENTANAHAN

No	Status pendeteksian sistem pentanahan pada stop-kontak				
	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3	Terminal 4	Terminal 5
1	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	-
2	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	-
3	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	-
4	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	-
5	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	-
6	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung
7	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung
8	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung
9	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung
10	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung

B. Pengujian Alat

Pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui keakuratan sensor dengan parameter yang telah dirancang, dimana akan dilakukan pengujian pendeteksian pentanahan, pengukuran tegangan, arus, dan panjang kabel antar titik stop-kontak, serta pengisian daya baterai yang digunakan pada alat ini.

1) Hasil pengujian deteksi *grounding*

Dalam pengujian ini melakukan pengecekan sebanyak 5 titik stop-kontak berikut hasil pengujian pada tabel II. Hasil pengujian nomor 1 sampai 5 diuji pada ruangan-ruangan Gedung C lantai 2. Pengukuran yang dilakukan pada 4 titik stop-kontak tiap ruangan dimana dari hasil pengujian terdapat *grounding*. Pada gambar 5 dapat dilihat tampilan alat deteksi saat pengujian stop-kontak yang terpasang *grounding*.



Gambar 6. Tampilan indikator tidak terdeteksi *grounding*.

Sedangkan untuk no 6 sampai 10 pada tabel hasil pengujian yang dilakukan pada C dan D pada selasar sampai Gedung D pada titik stop-kontak ke 5 tidak terdapat *grounding*. Pada gambar 6 dapat dilihat tampilan alat deteksi saat pengujian stop-kontak yang tidak terpasang/ terhubung *grounding*.

TABEL III. HASIL PENGUKURAN TEGANGAN DENGAN ALAT.

No.	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3	Terminal 4	Terminal 5
1	220 V	220 V	220 V	219 V	-
2	220 V	220 V	220 V	219 V	-
3	219 V	219 V	219 V	219 V	-
4	220 V	220 V	220 V	219 V	-
5	220 V	219 V	219 V	219 V	-
6	218 V	219 V	219 V	219 V	218 V
7	219 V	219 V	219 V	219 V	218 V
8	217 V	217 V	217 V	217 V	217 V
9	218 V	218 V	218 V	218 V	218 V
10	219 V	219 V	219 V	219 V	218 V

2) Hasil pengukuran tegangan

Pengujian pengukuran tegangan yang dilakukan pada tiap titik stop-kontak yang memiliki sumber tegangan sebesar 220 V, pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan kabel *power* yang terdapat pada alat ke stop-kontak. Pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan dengan multimeter digital untuk melihat perbandingan pembacaan nya untuk menghasilkan pengukuran tegangan digunakan sensor tegangan ZMPT101B yang terdapat pada alat yang memiliki kemampuan mengukur tegangan AC. Hasil pengukuran dengan alat dapat dilihat pada tabel III dan pengukuran dengan multimeter dapat dilihat pada tabel IV.

Hasil yang didapatkan dari pengujian tegangan tiap titik stop-kontak dengan membandingkan hasil pengukuran alat yang dirancang dengan multimeter digital didapatkan rata-rata keberhasilan 99,72 % dalam melakukan pengukuran tegangan, sedangkan, nilai galat yang didapatkan sebesar 0,28.

TABEL IV. HASIL PENGUKURAN TEGANGAN DENGAN MULTIMETER.

No.	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3	Terminal 4	Terminal 5
1	220 V	220 V	220 V	220 V	-
2	220 V	220 V	220 V	220 V	-
3	220 V	220 V	220 V	220 V	-
4	220 V	220 V	220 V	220 V	-
5	220 V	220 V	221 V	220 V	-
6	221 V	221 V	220 V	220 V	220 V
7	221 V	220 V	220 V	220 V	220 V
8	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V
9	221 V	220 V	220 V	220 V	220 V
10	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V

TABEL V. HASIL PERBANDINGAN PENGUKURAN ALAT & METERAN

No.	Jarak pengukuran alat (m)	Jarak sebenarnya (m)	Selisih jarak (m)
1	81	80,4	0,6
2	80	80,4	0,4
3	80	80,4	0,4
4	80	80,4	0,4
5	80	80,4	0,4
6	83	83,42	0,42
7	83	83,42	0,42
8	83	83,42	0,42
9	83	83,42	0,42
10	83	83,42	0,42

3) Hasil pengujian pengukuran panjang kabel

Pada pengukuran panjang kabel dilakukan dengan cara mengukur jarak antar titik stop-kontak dengan menjalankan roda pada alat. Sensor *optocoupler* menghasilkan data jarak tersebut terakumulasi menjadi total panjang kabel. Dari hasil total jarak yang terukur diasumsikan menjadi panjang kabel. Pada tabel V hasil pengukuran alat dibandingkan juga dengan pengukuran menggunakan meteran.

Pembacaan panjang kabel antar stop-kontak berdasarkan hasil *sensing* dari *disc encoder* yang melewati sensor *optocoupler*. Sensor ini dapat bekerja ketika lubang yang ada pada *disc encoder* melewati *infrared* dari sensor *optocoupler*. Pada *disc encoder* terdapat 20 lubang sehingga dalam 1 kali putaran roda terdapat 20 *counter*. Secara persentase keberhasilan berdasarkan pada galat terbesar, nilai keberhasilan pengujian sudah mencapai 99,26%. Hal ini sudah sangat baik karena ketepatan pengukuran sudah mendekati 100%.

4) Hasil pengujian gangguan arus bocor

Pada pengujian gangguan arus bocor sensor yang akan digunakan sebagai komponen pengukur besaran arus bocor menggunakan *current* sensor ACS712A, sensor ini dapat mengukur batas maksimal arus bocor apabila terdapat gangguan pada setiap titik stop-kontak yang diukur dalam melakukan pengujian sebesar 5 A. Berikut data pengukuran yang dilakukan pada tiap titik stop-kontak dapat dilihat pada tabel VI.

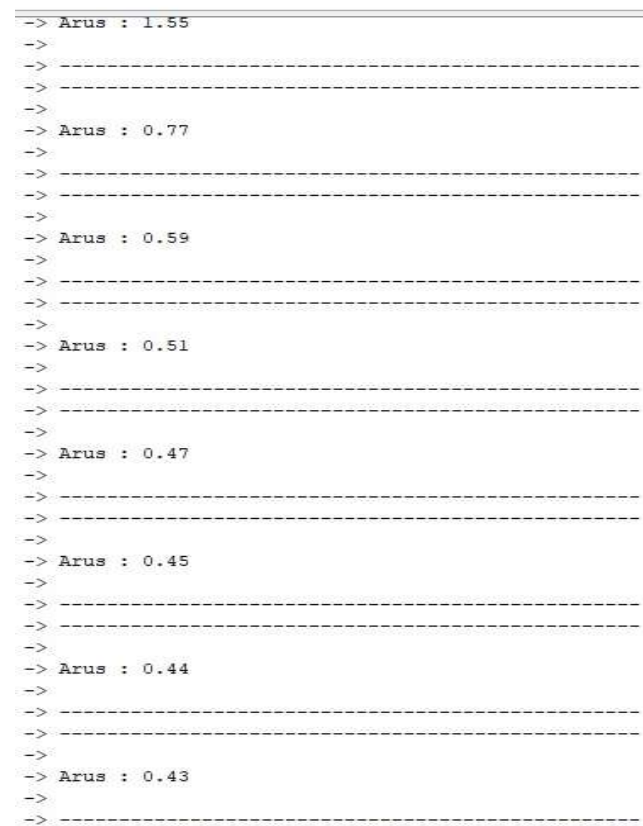
TABEL VI. DATA PENGUKURAN ARUS BOCOR

No.	Terminal 1	Terminal 2	Terminal 3	Terminal 4	Terminal 5
1	0 A	0 A	0 A	0 A	-
2	0 A	0 A	0 A	0 A	-
3	0 A	0 A	0 A	0 A	-
4	0 A	0 A	0 A	0 A	-
5	0 A	0 A	0 A	0 A	-
6	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A

7	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
8	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
9	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
10	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A

Dalam tabel VI terlihat hasil pengujian arus bocor pada gedung C dan gedung D ITERA, tidak ditemukan gangguan arus bocor dimana besar arus pada tiap titik stop-kontak sebesar 0 ampere, membuktikan bahwa pada Gedung C dan D ITERA tidak ada gangguan arus bocor. Untuk membuktikan bahwa sensor ACS712A berfungsi baik dan tidak mengalami kegagalan fungsi dalam pengukuran besaran nilai arus, maka percobaan dengan beban diujikan. Percobaan dilakukan dengan memberikan beban bor listrik yang memiliki beban sekitar 300-watt hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 7.

Besaran arus yang terukur membuktikan sensor arus ACS dapat mengukur arus berfungsi dengan baik, hasil yang terukur dimana *start* awal bor listrik hidup sebesar 1,55 A dan 0,43 A saat akan berhenti berputar. Pengukuran arus *start* lebih besar dikarenakan *start* awal motor bor listrik besar setelah beberapa waktu akan konstan turun dan stabil.



Gambar 7. Tampilan indikator terdeteksi *grounding*.

TABEL VII. HASIL PEMBACAAN SENSOR KOMPAS ALAT.

No.	Arah kompas alat antar stopkontak (derajat)					Arah kompas hp antar titik stopkontak (derajat)				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	14	354	269	267	-	13	355	271	266	-
2	14	358	271	266	-	13	355	271	266	-
3	12	353	269	267	-	13	355	271	266	-
4	14	356	270	268	-	13	355	271	266	-
5	12	356	272	267	-	13	355	271	266	-
6	272	271	265	185	290	269	271	266	186	290
7	271	268	268	185	291	269	271	266	186	290
8	268	271	263	186	290	269	271	266	186	290
9	270	270	264	185	290	269	271	266	186	290
10	271	270	267	185	291	269	271	266	186	290

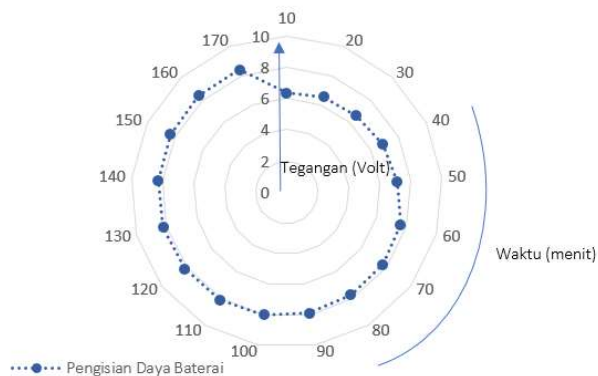
5) Hasil pengujian sensor Kompas

Pada pengujian sensor kompas yang akan digunakan sebagai penentu arah perpindahan dan pembuatan sudut pada pemetaan panjang kabel, yang dihasilkan dari sensor kompas berupa nilai *bearing* yang berkisar dari 0 derajat sampai 360 derajat. Untuk nilai *bearing* yang didapatkan sesuai dengan posisi keadaan alat, untuk memastikan apakah benar pembacaan kompas pada alat maka, dibandingkan dengan pembacaan kompas dari HP pengguna. Hasil pembacaan kompas yang dilakukan dalam pengujian ini dapat dilihat pada tabel VII.

Hasil kompas yang terkam dapat diimplementasikan pada pemetaan. Pengaruh hasil dari pembacaan kompas akan terlihat jelas untuk proses pemetaan terutama pada saat sudut perpindahan arah posisi alat. Hasil pemetaan yang didapatkan dari plot titik dari sensor kompas dan dikombinasikan dengan pembacaan sensor *optocoupler* untuk pembacaan jarak antar titik.

6) Hasil Pengujian *Power Supply*

Pengujian *power supply* bertujuan untuk mengetahui waktu penggunaan baterai pada alat ini, dan juga mengetahui waktu untuk mengisi ulang daya yang telah habis sampai terisi kembali.



Gambar 8. Grafik pengisian daya baterai.

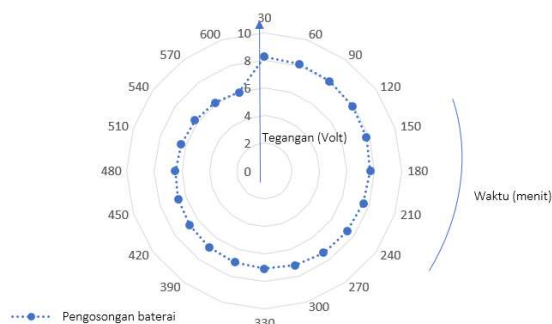
Alat yang digunakan pada pengujian untuk mengukur tegangan menggunakan multimeter digital dan alat pewaktu untuk memberikan jeda waktu pengukuran secara berkala.

- Pengujian Pengisian Daya Baterai

Berikut hasil pengisian daya baterai yang telah didapatkan pengujian ini menggunakan adaptor charger yang digunakan pada pengecasan ini dengan spesifikasi 9V 1A dengan interval waktu pengukuran tegangan yang dilakukan setiap 10 menit. Adapun hasil data pengecasan terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 8. Pengujian pengisian daya baterai alat yang menggunakan baterai bertipe 18650 mAh sebanyak 2 buah yang dihubungkan secara seri, pada pengujian ini digunakan adaptor *charger* yang memiliki keluaran tegangan sebesar 9 volt dan arus sebesar 1 ampere. Pengisian dilakukan pada saat kondisi baterai kosong atau tegangan terendahnya agar pengisian maksimal sampai kondisi baterai penuh. Berdasarkan perhitungan lama waktu pengecasan daya baterai dari kondisi kosong sampai penuh adalah 2 jam 48 menit. Sedangkan lama waktu secara *real time* didapatkan 2 jam 50 menit.

- Pengujian lama pemakaian daya baterai pada alat

Pengujian dilakukan ditujukan agar mengetahui berapa lama waktu alat dioperasikan. Pengujian ini menggunakan alat ukur multimeter untuk mengetahui tegangan baterai saat menggunakan alat. Interval waktu pengukuran yang dilakukan setiap 30 menit penggunaan seperti terlihat pada gambar 9. Dari pengujian penggunaan alat terhadap waktu, alat ini mampu digunakan dalam jangka waktu ± 10 jam.



Gambar 9. Grafik pemakaian daya baterai.

Date	Time	Terminal	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Energy (Wh)
Jumat, 12.11.2021	18:32:09	Terminal: 1	0V	0.00A	0.00m	0
Jumat, 12.11.2021	18:32:27	Terminal: 2	0V	0.00A	3.37m	0
Kamis, 18.11.2021	14:23:49	Terminal: 1	220V	0.00A	0.00m	1
Kamis, 18.11.2021	14:26:05	Terminal: 1	220V	0.00A	0.00m	1
Kamis, 18.11.2021	14:28:45	Terminal: 2	219V	0.00A	41.75m	1
Kamis, 18.11.2021	14:29:30	Terminal: 3	220V	0.00A	51.46m	1
Kamis, 18.11.2021	14:31:01	Terminal: 4	219V	0.00A	80.27m	1
Kamis, 18.11.2021	14:43:25	Terminal: 1	220V	0.00A	0.00m	1
Kamis, 18.11.2021	14:45:17	Terminal: 2	219V	0.00A	41.33m	1
Kamis, 18.11.2021	14:45:48	Terminal: 3	219V	0.00A	51.06m	1
Kamis, 18.11.2021	14:47:28	Terminal: 4	218V	0.00A	78.97m	1
Kamis, 18.11.2021	14:52:11	Terminal: 1	220V	0.00A	0.00m	1
Kamis, 18.11.2021	14:54:24	Terminal: 2	218V	0.00A	41.16m	1
Kamis, 18.11.2021	14:55:41	Terminal: 3	216V	0.00A	51.29m	1
Kamis, 18.11.2021	14:57:29	Terminal: 4	216V	0.00A	78.85m	1
Kamis, 18.11.2021	14:57:48	Terminal: 5	215V	0.00A	78.85m	1
Kamis, 18.11.2021	15:08:30	Terminal: 1	221V	0.00A	0.00m	0

Gambar 10. Hasil penyimpanan data pengukuran.

7) Hasil pengujian penyimpanan data pengukuran pada microSD

Data pengukuran yang telah dilakukan akan tersimpan pada sistem penyimpanan yang telah dirancang menggunakan kartu memori. Hasil data pengukuran tegangan, arus, status pentanahan, dan panjang kabel terlihat pada gambar 10.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dijelaskan seluruh perancangan dan implementasi dari alat deteksi pentanahan. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan dalam percobaan pengujian pendeteksian pentanahan tiap stop-kontak dapat dilakukan dengan baik dimana hasil pendeteksian tampil secara akurat sesuai perancangan yang diharapkan. Pengukuran panjang kabel yang menggunakan sensor optocoupler telah berhasil diimplementasikan dengan baik, dimana hasil pengukuran alat dan pengukuran dengan meteran memiliki tingkat keakuratan yang baik mendekati 100% yakni 99,26%. Keseluruhan hasil data pengukuran dapat disimpan pada kartu memori yang mudah dibaca hasil pendataannya. Lama penggunaan alat dalam melakukan pencatatan data atau inspeksi deteksi pentanahan bisa hingga 10 jam merupakan waktu yang cukup lama digunakan untuk pemeriksaan kondisi pentanahan dengan alat ini.

REFERENSI

[1] J. Jamaaluddin and S. Sumarno, "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2017.
 [2] T. Siahaan and S. Lala, "Studi Pembumian

- Peralatan Dan Sistem Instalasi Listrik Pada Gedung Kantor BICT PT. Pelindo I (Persero) Belawan,” *J. Tek. Elektro*, vol. VIII, no. 2, pp. 96–101, 2019.
- [3] TS.Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem tenaga & Pengetanahan peralatan*, 2nd ed. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [4] R. Harahap, R. Nasution, and S. Ramadhani, “Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan di Gedung dan di Gardu induk pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan,” *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 3, 2021.
- [5] A. Budiman, “Analisa Tahanan Pembumian Peralatan Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan Yang Menggunakan Elektrode Pasak Tunggal Panjang 2 Meter,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 1, pp. 75–80, 2017.
- [6] J. Arifin, “Pengukuran Nilai Grounding Terbaik Pada Kondisi Tanah Berbeda,” *J. ELTIKOM*, vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [7] Fauzi and Radhiah, “Peran tahanan pentanahan pada peralatan listrik,” *J. LITEK J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 18, no. 1, pp. 28–33, 2021.
- [8] A. Budiman, “Pengaruh Resistansi Pembumian Terhadap Prakiraan Jangka Pendek Biaya Instalasi Sistem Pembumian Peralatan Pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan,” *J. Borneo Saintek*, vol. 1, no. Nomor 1, pp. 79–86, 2018.
- [9] A. Santoso, A. Herawati, and Y. S. Handayani, “Analisis Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Gedung Lembaga Pemasarakatan Kelas IIA Bengkulu,” *J. Amplif.*, vol. 10, no. 2, pp. 28–33, 2020.
- [10] A. Zainuri, “Grounding Instalasi Listrik Pasca Umur 15 Tahun di Perumahan Taman Bukit Klepu,” Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [11] Hasrul, “Evaluasi Sistem Pembumian Instalasi Listrik Domestik di Kabupaten Barru,” *MEDIA Elektr.*, vol. 5, no. 1, 2010.
- [12] Panitia Revisi PUIL 1987, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. Jakarta: PLN, 2000.
- [13] R. Defi M.P, “Perancangan Alat Ukur Impedansi Pembumian,” *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 128–135, 2011.
- [14] H. Firdaus, “Rancang Bangun Alat Ukur Tahanan Tanah (Earth Meter) Digital,” *J. Soshum Insentif*, pp. 35–42, 2018.
- [15] M. Sokol, “Failures in Outlet Testing Exposed,” *Electrical Construction & Maintenance (EC&M)*, Overland Park, KS, 2013.
- [16] Z. Nurbekova, T. Tolganbaiuly, B. Nurbekov, A. Sagimbayeva, and Z. Kazhiakparova, “Project-based learning technology: An example in programming microcontrollers,” *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 15, no. 11, pp. 218–227, 2020.
- [17] A. E. Wahyudi, “Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Jarak Digital Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Rotary Encoder,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, p. 4, 2015.