

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Pengujian adalah tahapan yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara unjuk kerja alat dengan tujuan dari pembuatan Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Daya Dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things*. Unjuk kerja alat yang diuji meliputi unjuk kerja alat monitoring pemakaian energi listrik berupa tegangan, arus dan daya listrik. Selain itu unjuk kerja alat yang diuji juga meliputi unjuk kerja alat gangguan listrik rumah tinggal ketika terjadi arus lebih atau *over current*, *over heat*, *under voltage*, *upper voltage* dan fungsi tambahan *timer* yang dapat mencegah dari bahaya *over charging*. Pengujian dilakukan di bengkel Dasar Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dan sebagian dilakukan di Aula Robotika Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Langkah Pengujian

Langkah pengujian merupakan tata cara yang dilakukan penulis dalam menguji Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things*. Langkah pengujian yang benar akan mencegah kecelakaan kerja sehingga akan memberikan rasa aman bagi penguji dan memperkecil resiko kerusakan alat. Langkah pengujian yang penulis lakukan terbagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian monitoring pemakaian energi dan

monitoring gangguan listrik pada rumah tinggal. Adapun lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian unjuk kerja Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik.
 - a. Menyiapkan alat ukur meliputi voltmeter AC, tang ampere digital, kabel *jumper* dan beberapa beban listrik rumah tangga.
 - b. Menghubungkan Alat monitoring dengan sumber tegangan.
 - c. Menghubungkan Alat monitoring dengan Wifi.
 - d. Membuka aplikasi monitoring daya dan gangguan listrik dengan keadaan *smartphone* yang terkoneksi dengan internet.
 - e. Memasang voltmeter secara paralel dari stop kontak dan tang ampere yang dilingkarkan di kabel beban listrik.
 - f. Mencatat hasil penunjukan alat pada aplikasi *smartphone* yang berupa tegangan, arus, daya listrik, kWh dan perhitungan biaya selama pemakaian.
 - g. Membandingkan hasil penunjukkan alat dengan pembacaan alat ukur.
 - h. Pada pengujian pembacaan sensor, lakukan perhitungan perbandingan antara alat ukur atau perhitungan dengan hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada aplikasi *smartphone*, dengan rumus persentase error sebagai berikut:

$$\frac{\text{Pembacaan alat ukur} - \text{Pembacaan sensor}}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\%$$

- i. Mencatat hasil perbandingan berupa nilai error kemudian dimasukkan kedalam tabel 9, tabel 10 dan tabel 11.
2. Pengujian unjuk kerja alat gangguan listrik rumah tinggal berbasis *Internet of Things* sebagai pengaman dari bahaya *over current*.
 - a. Menyiapkan alat meliputi tang ampere, kabel *jumper* dan *loading resistor*.

- b. Memposisikan *loading* resistor pada posisi maksimal.
 - c. Merangkai seperti pada gambar 28.
 - d. Menghubungkan Alat monitoring dengan sumber tegangan.
 - e. Menghubungkan Alat monitoring dengan Wifi.
 - f. Membuka aplikasi monitoring daya dan gangguan listrik dengan keadaan *smartphone* yang terkoneksi dengan internet.
 - g. Memutar *loading* resistor secara perlahan sehingga arus akan bertambah.
 - h. Mencatat hasil penunjukan arus beban pada aplikasi *smartphone*.
 - i. Mengamati dan mencatat ketika terjadi *over current*.
 - j. Mencatat hasil arus ketika *over current* dan interval waktu pemutusan tegangan sejak gangguan terjadi pada tabel 12.
 - k. Jika terjadi *over current* maka akan ada notifikasi dari aplikasi *smartphone* yang memberitahukan bahwa terjadi gangguan listrik yaitu *over current*.
3. Pengujian unjuk kerja alat gangguan listrik rumah tinggal berbasis *Internet of Things* sebagai pengaman dari bahaya *under upper voltage*
 - a. Menyiapkan alat meliputi voltmeter AC Digital, voltmeter AC Analog, kabel *jumper* dan *variable voltage* (VARIAC).
 - b. Merangkai seperti pada gambar 29.
 - c. Menghubungkan Alat monitoring dengan sumber tegangan
 - d. Menghubungkan Alat monitoring dengan Wifi.
 - e. Membuka aplikasi monitoring daya dan gangguan listrik dengan keadaan *smartphone* yang terkoneksi dengan internet.

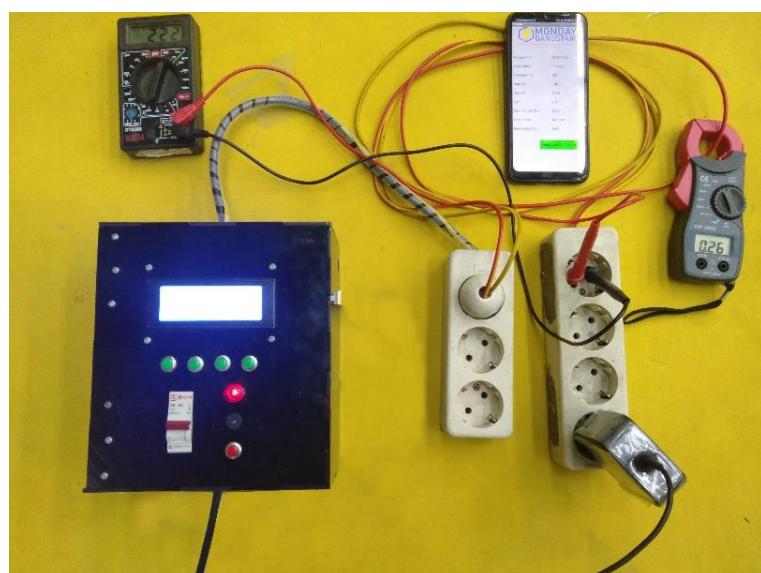
- -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 - f. Mengatur besar tegangan keluaran dari sumber tegangan variabel. Menurut PUIL 2011 tegangan jatuh maksimal sebesar 5% dari tegangan nominalnya. Sehingga besar tegangan yang penulis atur adalah diatas 230V untuk melakukan pengujian *upper voltage* dan dibawah 210V untuk melakukan pengujian *under voltage*.
 - g. Mencatat hasil penunjukkan tegangan pada voltmeter dan aplikasi *smartphone*.
 - h. Mengamati dan mencatat ketika terjadi *under voltage* maupun *upper voltage*.
 - i. Mencatat hasil tegangan ketika *under voltage* dan interval waktu pemutusan tegangan pada tabel 13.
 - j. Mencatat hasil tegangan ketika *upper voltage* dan interval waktu pemutusan tegangan pada tabel 14.
 - l. Jika terjadi *under voltage* maupun *upper voltage* maka akan ada notifikasi dari aplikasi *smartphone* yang memberitahukan bahwa terjadi gangguan listrik yaitu *under voltage* atau *upper voltage*.
4. Pengujian unjuk kerja alat monitoring gangguan listrik rumah tinggal berbasis *Internet of Things* sebagai pengaman dari bahaya *over heat*.
 - a. Menyiapkan alat meliputi *Thermogun*, *loading resistor* dan kabel *jumper*.
 - b. Merangkai seperti pada gambar 30.
 - c. Memasang sensor suhu pada *thermometer* digital tersebut yang menempel pada stop kontak alat monitoring gangguan listrik.
 - d. Menghubungkan Alat monitoring dengan sumber tegangan
 - e. Menghubungkan Alat monitoring dengan Wifi.

- f. Membuka aplikasi monitoring daya pergi dan gangguan listrik dengan keadaan *smartphone* yang terkoneksi dengan internet.
- g. Mencatat setiap kenaikan suhu pada *thermometer* dan pembacaan pada aplikasi *smartphone*. Pada pengujian ini batas suhu yaitu 35°C, sedangkan menurut PUIL 2011 batas suhu peralatan listrik berisolasi PVC yaitu sebesar 70°C. Hal ini guna keselamatan peralatan listrik yang digunakan pada saat pengujian.
- h. Mengamati dan mencatat ketika terjadi *over heat*.
- i. Jika terjadi *over heat* maka akan ada notifikasi dari aplikasi *smartphone* yang memberitahukan bahwa terjadi gangguan listrik yaitu *over heat*.

C. Hasil Pengujian

1. Pengujian unjuk kerja Alat sebagai alat monitoring pemakaian energi listrik.

Pengujian monitoring pemakaian energi listrik menggunakan beberapa beban yang diantaranya kipas angin, solder, bor tangan, gerinda, bor duduk, setrika dan charger laptop. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa Alat dapat membaca satuan daya listrik pada rumah tinggal.



Gambar 31. Pengujian Alat Sebagai Monitoring Daya Listrik

Pengujian Alat diberi beberapa beban yang ada di Aula Robotika Universitas Negeri Yogyakarta. Batas arus yang diatur pada Alat adalah sebesar 3A. Pada pengujian ini menggunakan 2 alat ukur yaitu multimeter digital dan tang ampere. Pembacaan monitoring ditampilkan pada layar LCD alat Alat, sedangkan monitoring berbasis *Internet of Things* ditampilkan pada aplikasi *Smartphone* Alat.

Tegangan yang diberikan yaitu sebesar 220VAC dengan lampu indikator yang menyala jika alat terhubung ke sumber listrik. Berdasarkan satuan listrik yang diamati, pengujian energi listrik dibedakan menjadi 3, diantaranya adalah tegangan, arus beban dan daya listrik.

a. Pengujian Sensor Tegangan AC

Pengujian pembacaan tegangan dengan menggunakan sensor ZMPT101B bertujuan untuk mengetahui kinerja dari perangkat yang telah dibuat. Setelah nilai tegangan pada aplikasi terbaca, selanjutnya yaitu membandingkan nilai tersebut dengan pembacaan Voltmeter yang kemudian data dibandingkan pada tabel 16.



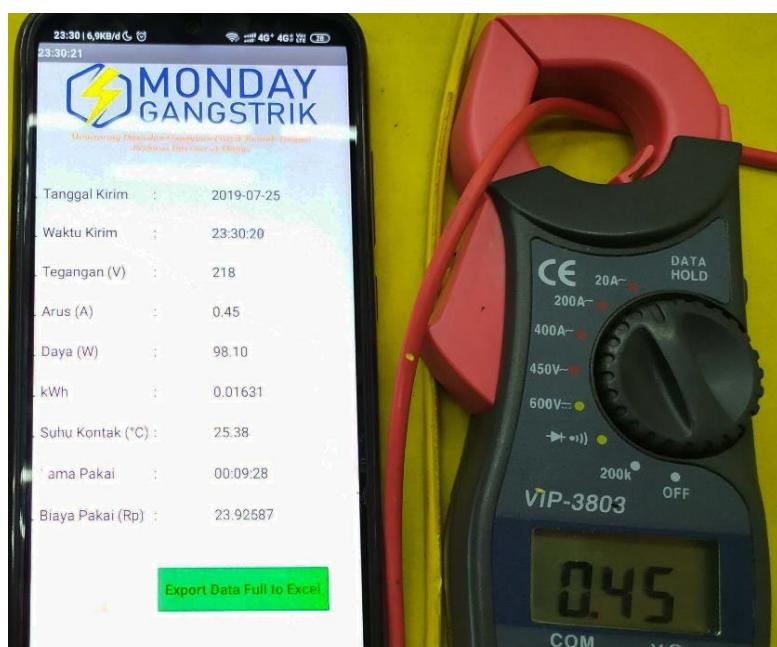
Gambar 32. Perbandingan Pembacaan Tegangan Dengan Beban Kipas Angin

Tabel 16. Hasil Pengambilan Data Pengujian Pembacaan Tegangan

No	Beban	Pembacaan Tegangan pada Aplikasi Smartphone (V)	Pembacaan Tegangan pada Voltmeter (V)	Selisih (V)	Error (%)
1	Kipas angin	219	219	0	0
2	Solder	220	222	2	0,9
3	Bor tangan	219	220	1	0,45
4	Gerinda tangan	218	218	0	0
5	Bor duduk	218	219	1	0
6	Setrika	219	218	1	0,45
7	Charger laptop	219	222	3	1,35
Rata-rata persentase kesalahan					0,45

b. Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian pembacaan arus AC dengan menggunakan sensor ACS712 dengan rentang arus 20A. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari perangkat yang telah dibuat. Setelah nilai arus pada aplikasi terbaca, selanjutnya yaitu membandingkan nilai tersebut dengan pembacaan Tang ampere yang kemudian data dibandingkan pada tabel 17.



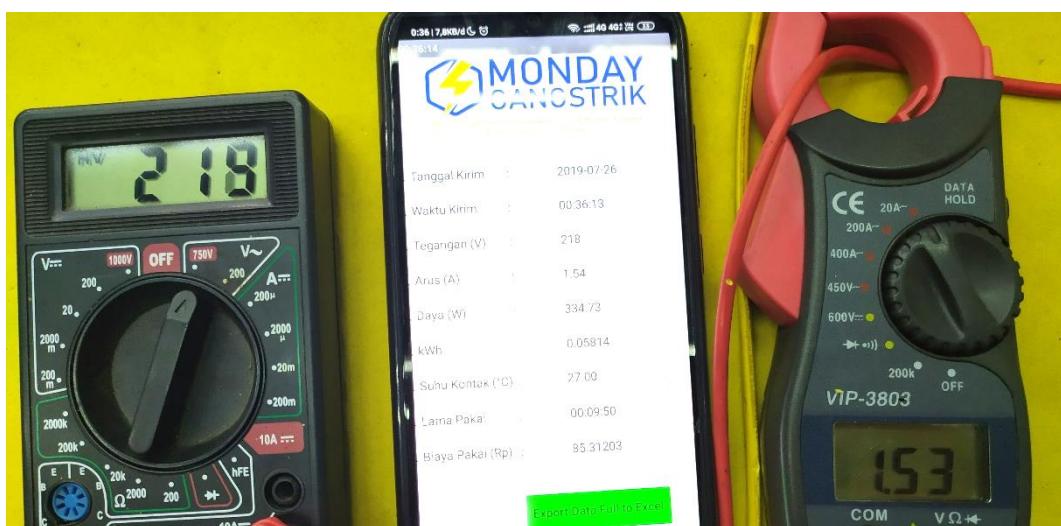
Gambar 33. Perbandingan Pembacaan Arus Dengan Beban Mesin Bor Duduk

Tabel 17. Hasil Pengambilan Data Pengujian Pembacaan Arus

No	Beban	Pembacaan Arus pada Aplikasi Smartphone (A)	Pembacaan Arus pada Amperemeter (A)	Selisih (I)	Error (%)
1	Kipas angin	0,3	0,3	0	0
2	Solder	0,11	0,09	0,02	22,22
3	Bor tangan	0,37	0,34	0,03	8,82
4	Gerinda tangan	1,15	1,14	0,01	0,87
5	Bor duduk	0,45	0,45	0	0
6	Setrika	1,55	1,53	0,02	1,30
7	Charger laptop	0,08	0,10	0,02	20
Rata-rata persentase kesalahan				7,60	

c. Pengujian Daya Listrik

Pengujian pembacaan daya listrik dengan memanfaatkan pembacaan sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712. Nilai yang dibaca oleh sensor tersebut kemudian pada Arduino IDE dimasukkan kedalam rumus perhitungan daya yaitu tegangan dikalikan dengan arus tanpa mempertimbangkan nilai Cos Phi. Pengujian daya listrik ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari perangkat yang telah dibuat dengan membandingkan dengan perhitungan manual menggunakan rumus yang sama didapat dari pembacaan alat ukur voltmeter dan tang ampere.



Gambar 34. Pembacaan Daya Listrik Pada Aplikasi Dengan Beban Setrika

Tabel 18. Hasil Pengambilan Data Pengujian Pembacaan Daya Listrik. Tidak Memperhatikan Nilai Cos Phi.

No	Beban	Daya pada Aplikasi <i>Smartphone</i> (Watt)	Perhitungan Daya (W)	Selisih (W)	Error (%)
1	Kipas angin	66,21	65,7	0,51	0,77
2	Solder	24,35	19,98	4,37	21,87
3	Bor tangan	80,59	74,80	5,79	7,74
4	Gerinda tangan	250,81	248,52	2,29	0,92
5	Bor duduk	98,5	98,55	0,05	0,05
6	Setrika	336,57	333,54	2,24	0,90
7	Charger laptop	17,63	22,2	4,57	20,58
Rata-rata persentase kesalahan					7,55

2. Pengujian Alat Sebagai Pengaman dari bahaya *Over Current*.

Pengujian *over current* yaitu pengujian memberikan beban pada alat sehingga arus yang mengalir melebihi batas arusnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa alat dapat memproteksi dari bahaya *over current*.



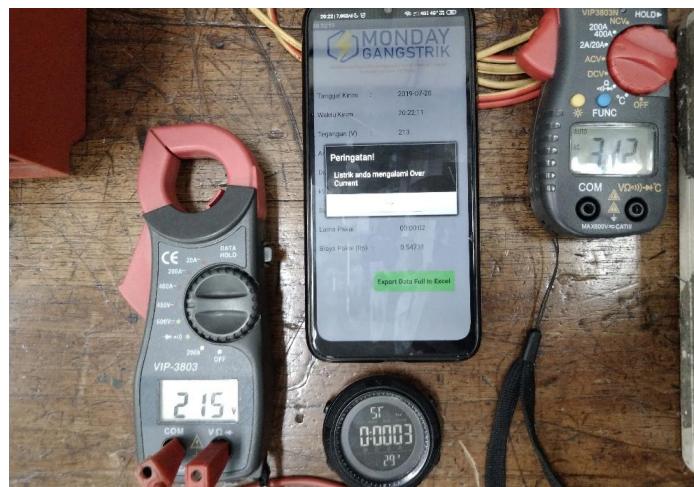
Gambar 35. Pengujian Alat Sebagai Pengaman *Over Current*

Pengujian *over current* ini digunakan beban berupa *loading resistor* yang terdapat di bengkel Dasar Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Batas arus yang diatur pada alat yaitu sebesar 3,00A. Arus yang mengalir awalnya adalah sebesar 2,5A. Kemudian dinaikkan sampai melewati batas arus yang telah ditentukan yaitu mencapai 3,12A. Ketika kondisi “normal” maka Alat dalam kondisi bertegangan dan *buzzer* OFF. Namun ketika kondisi “*over*

load” atau “*over current*” maka *relay* pada Alat akan memutus tegangan dan *buzzer* akan ON selama interval waktu 3 detik. Hal ini dimaksud untuk pembacaan arus lebih (*over current*) bisa terkirim ke database menggunakan *Internet of Things* yang nantinya akan ditampilkan pada aplikasi *Smartphone*. selanjutnya akan muncul notifikasi gangguan yang memberitahukan bahwa terjadi gangguan listrik berupa *over current*. Jika pengguna ingin menyalakan listriknya kembali yaitu dengan cara menekan tombol reset pada box. Pada pengujian *over current* dilakukan berulang-ulang dengan arus beban yang dinaikkan guna mengetahui respon alat terhadap pembacaan arus yang melewati batas yang telah ditentukan. Berikut adalah hasil pengujian Alat sebagai pengaman dari bahaya *over current* pada tabel 19.

Tabel 19. Hasil Pengujian *Over Current* Pada Batas Arus 3A

No	Pembacaan pada alat di aplikasi <i>smartphone</i>		Keterangan
	Arus Beban (A)	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)	
1	2,50	-	Normal
2	3,08	3,33	<i>Over Current</i>
3	3,12	3,29	<i>Over Current</i>
4	3,30	3,17	<i>Over Current</i>
5	3,49	3,08	<i>Over Current</i>
6	3,51	3,12	<i>Over Current</i>



Gambar 36. Notifikasi di Aplikasi Ketika Terjadi *Over Current*

Berdasarkan tabel 19 *over current* sudah mulai terdeteksi ketika arus melebihi batas arus yang diatur yaitu 3A. ketika arus beban mencapai 3,08A maka *relay* memutuskan tegangan dengan interval waktu pemutusan selama 3,33 detik. Selanjutnya untuk memastikan alat dapat memutus tegangan dan mengirimkan notifikasi gangguan di aplikasi *smartphone* dalam waktu 3 detik sejak terdeteksinya arus yang melebihi batas yaitu 3A, maka dilakukan pengujian kembali dengan memberikan beban konstan yaitu senilai 3,08A. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 20.

Tabel 20. Pengujian Respon Alat Dalam Memutus Rangkaian Dengan Beban 3,08A Dan Batas Arus Sebesar 3A.

Percobaan arus 3,08A ke	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)
1	3,22
2	3,43
3	3,35
4	3,27
5	3,52
6	3,31
Rata-rata Waktu Pemutusan tegangan	3,35

3. Pengujian Alat Sebagai Pengaman dari bahaya *under upper voltage*.

Pengujian *under upper voltage* yaitu pengujian dengan menaikkan dan menurunkan tegangan pada alat sehingga melampaui batas yang telah ditetapkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa Alat dapat memproteksi dari bahaya *under* dan *upper voltage* dengan cara memutus rangkaian listrik secara otomatis dan mengeluarkan alarm serta mengirimkan notifikasi gangguan lewat aplikasi *smartphone*.



Gambar 37. Pengujian Alat Sebagai Pengaman *Under Upper Voltage*

Dalam pengujian ini, Alat diberikan sumber tegangan dari *Variable AC* (VARIAC) regulator yang ada dibengkel Dasar Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Pengaturan batas tegangan *under voltage* disesuaikan dengan PUIL 2011 yang menyatakan bahwa tegangan jatuh maksimal sebesar 5% sehingga batas tegangan *under voltage* sebesar 210V dan batas tegangan *upper voltage* diatur sebesar 230V. ketika kondisi “normal” maka Alat dalam kondisi bertegangan dan *buzzer* OFF. Namun ketika kondisi *under voltage* atau *upper voltage* maka Alat akan memutus tegangan dan *buzzer* akan ON selama interval waktu 3 detik. Hal ini dimaksud untuk nilai tegangan dapat terkirim ke database menggunakan *Internet of Things* yang nantinya akan ditampilkan pada aplikasi *Smartphone*. Selanjutnya akan muncul notifikasi gangguan yang memberitahukan bahwa terjadi gangguan listrik berupa *under* atau *upper voltage*. Jika pengguna ingin menyalakan listriknya kembali yaitu dengan cara menekan tombol reset pada box alat. Berikut adalah tabel hasil pengujian Alat sebagai pengaman dari bahaya *under upper voltage*.

a. Pengambilan Data Pengujian *under voltage*

Tabel 21. Hasil Pengujian *Under Voltage* Pada Batas Tegangan 210V

No	Pembacaan pada alat di aplikasi <i>smartphone</i>		Keterangan
	Tegangan (V)	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)	
1	212	-	Normal
2	209	3,54	<i>Under Voltage</i>
3	207	3,39	<i>Under Voltage</i>
4	205	3,41	<i>Under Voltage</i>
5	203	3,20	<i>Under Voltage</i>
6	201	3,15	<i>Under Voltage</i>

Berdasarkan tabel 21 *under voltage* sudah mulai terdeteksi ketika tegangan kurang dari nilai minimal yang diatur yaitu 210V. ketika tegangan 209V maka *relay* memutuskan tegangan dengan interval waktu pemutusan selama 3,54detik. Selanjutnya untuk memastikan alat dapat memutus tegangan dan mengirimkan notifikasi gangguan di aplikasi *smartphone* dalam waktu 3 detik sejak terdeteksinya tegangan yang kurang dari tegangan minimal yaitu 210V, maka dilakukan pengujian kembali dengan memberikan tegangan konstan yaitu 209V. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 22.

Tabel 22. Pengujian Respon Alat Dalam Memutus Rangkaian Dengan Tegangan 209V Dan Batas Minimal Tegangan 209V.

Percobaan tegangan 209V ke	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)
1	3,43
2	3,55
3	3,61
4	3,25
5	3,67
6	3,19
Rata-rata Waktu Pemutusan tegangan	3,45

b. Pengambilan Data Pengujian *upper voltage*

Tabel 23. Hasil Pengujian *Upper Voltage* Pada Batas Tegangan 230V

No	Pembacaan pada alat di aplikasi <i>smartphone</i>		Keterangan
	Tegangan (V)	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)	
1	219	-	Normal
2	232	3,82	<i>Upper Voltage</i>
3	233	3,59	<i>Upper Voltage</i>
4	234	3,37	<i>Upper Voltage</i>
5	238	3,46	<i>Upper Voltage</i>
6	240	3,21	<i>Upper Voltage</i>

Berdasarkan tabel 23 *upper voltage* sudah mulai terdeteksi ketika tegangan melebihi dari nilai maksimal tegangan yang diatur yaitu 230V. ketika tegangan 232V maka *relay* memutuskan tegangan dengan interval waktu pemutusan selama 3,82detik. Selanjutnya untuk memastikan alat dapat memutus tegangan dan mengirimkan notifikasi gangguan di aplikasi *smartphone* dalam waktu 3 detik sejak terdeteksinya tegangan yang melebihi dari tegangan maksimal yaitu 230V, maka dilakukan pengujian kembali dengan memberikan tegangan konstan yaitu 232V.

Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 24.

Tabel 24. Pengujian Respon Alat Dalam Memutus Rangkaian Dengan Tegangan 232V Dan Batas Maksimal Tegangan 230V.

Percobaan tegangan 232 ke	Waktu Pemutusan Tegangan (detik)
1	3,21
2	3,48
3	3,72
4	3,59
5	3,22
6	3,63
Rata-rata Waktu Pemutusan tegangan	3,47

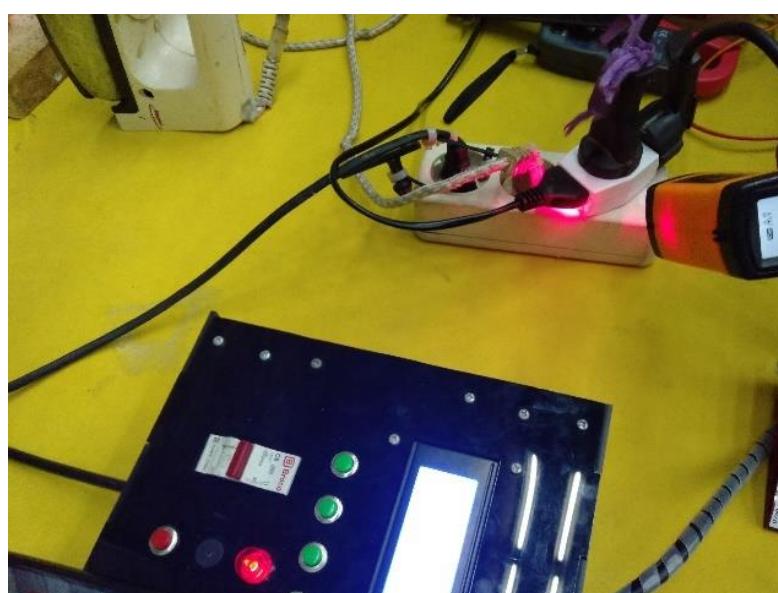


Gambar 38. Notifikasi *Under Voltage*

Gambar 39. Notifikasi *Upper Voltage*

4. Pengujian Alat Sebagai Pengaman dari bahaya *over heat*.

Pengujian *over heat* yaitu pengujian menaikkan suhu kotak kontak alat dengan cara memberikan beban yang besar dalam waktu yang cukup lama dan kotak kontak yang dibuat kendor sehingga menyebabkan plat atau besi colokan mudah cepat panas, apalagi jika semakin besar beban yang diberikan maka semakin cepat pula suhu meningkat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa alat dapat memproteksi dari bahaya *over heat* dengan cara memutus rangkaian listrik secara otomatis dan mengeluarkan alarm serta mengirimkan notifikasi gangguan lewat aplikasi *smartphone*.



Gambar 40. Pengujian *Over Heat*

Dalam pengujian *over heat*, alat diberi beban berupa setrika, bor duduk, bor tangan, gerinda dan kipas angin yang dinyalakan secara bersama sehingga terbaca arus senilai 3,8A. Suhu ruangan pada saat pengujian adalah sebesar 27,5°C. Kemudian batas suhu pada alat diatur sebesar 35°C. Sedangkan menurut PUIL 2011 batas suhu maksimal peralatan listrik berisolasi PVC sebesar 70°C. Akan tetapi, pada pengujian ini dibuat menjadi sebesar 35°C dengan mempertimbangkan keselamatan terhadap peralatan yang digunakan untuk menguji.

Ketika kondisi “normal” maka alat dalam kondisi bertegangan dan *buzzer* OFF. Namun, pada kondisi “*over heat*” maka stopkontak yang terhubung dengan alat tidak bertegangan dan *buzzer* ON dengan interval waktu 3 detik. Hal ini dimaksud untuk nilai tegangan dapat terkirim ke database menggunakan *Internet of Things* yang nantinya akan ditampilkan pada aplikasi *Smartphone*. Selanjutnya muncul notifikasi gangguan listrik berupa *over heat* yang diiringi dengan bunyi alarm gangguan pada alat. Jika pengguna ingin menyalakan listriknya kembali yaitu dengan cara menekan tombol reset pada box alat. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian Alat sebagai pengaman dari bahaya *over heat*.

Tabel 25. Pengambilan Data Pengujian *Over Heat* Pada Batas Suhu 35°C

No	Pembacaan pada alat di aplikasi <i>smartphone</i>		<i>Thermogun</i> (°C)	Keterangan	Error (%)
	Suhu (°C)	Waktu Perpindahan Suhu (menit)			
Suhu Ruangan: 26,75°C					
1	26,75	Menit ke 0	27,5	Normal	2,72
2	31,44	Menit ke 26	31,3	Normal	0,44
3	32,25	Menit ke 30	32,9	Normal	1,97
4	33,88	Menit ke 37	33,9	Normal	0,29
5	34,19	Menit ke 40	34,5	Normal	0,89
6	34,94	Menit ke 47	35,1	Normal	0,45
7	35,02	Menit ke 48	35,6	<i>Over Heat</i>	1,6
Rata-rata persentase kesalahan					1,20



Gambar 41. Kondisi *Over Heat* Pada Saat Suhu Diatur Dengan Batas 35°C.

D. Pembahasan

1. Unjuk Kerja Alat Monitoring Daya dan Gangguan Listrik Berbasis *Internet of Things*

Tujuan dari Proyek Akhir ini adalah menciptakan suatu inovasi alat monitoring listrik dan Kotak Kontak Listrik dalam suatu box yang berbasis *Internet of Things*. Maka pembahasan yang dimaksud adalah pembahasan unjuk kerja alat dalam mempermudah monitoring pemakaian daya dan jika terjadi gangguan listrik sehingga mencegah terjadinya beberapa kecelakaan seperti kebakaran akibat listrik. Pembahasan ini mengacu dengan data pengujian yang telah diperoleh.

Pengujian monitoring pemakaian daya listrik yang mencakup 3 tabel yaitu pengujian tegangan, arus dan daya listrik yang dibuat per detik disertai dengan biaya pemakaian yang telah digunakan. Nilai pembacaan sensor yang terhubung dengan aplikasi *Smartphone* dan terkoneksi dengan database di internet, nilai tersebut dikumpulkan menjadi sebuah tabel kemudian di konversikan kedalam

Microsoft excel yang nantinya nilai pembacaan tersebut akan diambil dari nilai rata-rata dari setiap pembacaan sensor.

Pada pengujian pertama yaitu pengujian tegangan listrik menggunakan Multimeter digital merk MASDA Model DT830B sebagai pembanding akurasi pembacaan. Perbedaan pembacaan dari alat dan aplikasi *Smartphone* terhadap Multimeter digital yaitu sebesar 0,45%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut bisa disimpulkan bahwa pembacaan tegangan dengan menggunakan alat dan aplikasi *Smartphone* terukur dengan baik.

Berdasarkan pengujian arus dengan sensor ACS712 menggunakan tang ampere digital merk VIP 3803 sebagai pembanding akurasi pembacaan. Perbedaan pembacaan alat dan aplikasi *Smartphone* terhadap tang ampere digital yaitu sebesar 7,60%. Perbedaan hasil pembacaan hanya berkisar 0,01A sampai dengan 0,03A.

Berdasarkan pengujian daya dengan memanfaatkan pembacaan sensor tegangan dan sensor arus yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan daya di program Arduino IDE. Kemudian nilai pembacaannya dibandingkan dengan perhitungan secara rumus manual didapatkan perbedaan sebesar 7,55%. Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan pembacaan dari sensor arus dan sensor tegangan disuatu waktu terdapat ketidakstabilan sehingga didapatkan hasil kali yang kurang sesuai dengan perhitungan secara manual.

Berdasarkan pengujian *over current* diperoleh hasil alat yang dapat memproteksi dari bahaya *over current*. Pada pengujian ini batas arus diatur sebesar 3,00A dan pada saat pembacaan nilai arus sebesar 3,08A alat tersebut berhasil memutuskan rangkaian, membunyikan alarm gangguan dan mengirimkan notifikasi

peringatan pada aplikasi *Smartphone* dengan interval waktu 3,33 detik. Selanjutnya, untuk memastikan interval waktu pemutusan tegangan pada saat *over current* dilakukan pengujian kembali dengan memberikan arus konstan yaitu 3,08A dan didapatkan waktu rata-rata yaitu 3,35detik. Hal ini masih dalam toleransi dikarenakan interval waktu tergantung dengan koneksi jaringan yang digunakan untuk mengirim notifikasi gangguan *over current*.

Berdasarkan data pengujian *under* dan *upper voltage* diperoleh hasil alat dapat memproteksi dari bahaya. Pada pengujian ini batas tegangan *under voltage* diatur sebesar 210V dan batas tegangan *upper voltage* diatur sebesar 230V. Batas tegangan ini ditentukan berdasarkan PUIL 2011 yang menyatakan bahwa jatuh dan perbedaan tegangan tidak boleh melebihi 5% dari tegangan sumber 220V. Pengujian menggunakan Multimeter digital merk MASDA Model DT830B sebagai pembanding akurasi pembacaan. Pada pengujinya alat memutus rangkaian listrik, membunyikan alarm gangguan dan mengirimkan notifikasi peringatan di *Smartphone* pada saat tegangan 209V atau kondisi “*under voltage*” dengan interval waktu pemutusan selama 3,54 detik dan pada tegangan mencapai 232V atau kondisi “*upper voltage*” dengan interval waktu pemutusan selama 3,82 detik. Selanjutnya, untuk memastikan interval waktu pemutusan tegangan pada saat *under voltage* dan *upper voltage* dilakukan pengujian kembali dengan memberikan tegangan konstan yaitu 209V dan didapatkan waktu rata-rata yaitu 3,45detik. Sedangkan ketika tegangan konstan sebesar 232V didapatkan waktu pemutusan rata-rata yaitu 3,47detik. Hal ini masih dalam toleransi dikarenakan interval waktu tergantung dengan koneksi jaringan yang digunakan untuk mengirim notifikasi gangguan.

Berdasarkan pengujian *over heat* didapatkan alat akan memproteksi dari bahaya *over heat*. Pada pengujian ini batas suhu terminal diatur sebesar 35 °C. Sedangkan menurut PUIL 2011 batas suhu pada peralatan listrik yang memiliki isolasi berbahan PVC sebesar 70 °C, akan tetapi pada pengujian ini dikecilkan menjadi 35 °C dengan mempertimbangkan keamanan peralatan yang digunakan untuk menguji alat. Pengujian ini menggunakan *thermogun* merk Benetech model GS320. Perbedaan hasil pembacaan sebesar 1,20%. Perbedaan tersebut terjadi karena respon pembacaan sensor suhu yang memerlukan waktu dalam tiap pergantian suhu. Berdasarkan pengujian *over heat*, alat dapat memutus rangkaian listrik, membunyikan alarm gangguan dan mengirimkan notifikasi peringatan di aplikasi *Smartphone* ketika suhu mencapai 35,6 °C. Suhu tersebut didapat dari pemberian beban berkisar 3,8A yang memerlukan waktu selama 48 menit.

2. Prosedur Pengoperasian Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things*.

Prosedur pengoperasian alat monitoring pemakaian daya dan gangguan listrik berbasis *internet of things* adalah sebagai berikut:

- a. Hubungkan Alat Monitoring dengan Sumber 220VAC.
- b. Hidupkan Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik dengan menghidupkan MCB yang terdapat pada box.
- c. Buka aplikasi Monday Gangstriks di *Smartphone* yang merupakan aplikasi monitoring dari alat monitoring pemakaian daya dan gangguan listrik berbasis *internet of things*.

- d. Pastikan koneksi internet yang diatur pada modul wifi dengan status aktif dan memiliki koneksi jaringan.
- e. Jika Alat Monitoring sudah terkoneksi dengan internet maka nilai tegangan dan suhu kotak kontak akan terbaca pada aplikasi Monday Gangstrik.
- f. Hubungkan kotak kontak alat monitoring dengan beban untuk dapat memonitoring satuan arus, daya, kWh, lama pemakaian dan biaya pemakaian. Ketika tidak ada beban, maka tidak ada arus listrik yang terukur. Namun, jika kembali diberikan beban maka alat akan mengukur arus beban dan melanjutkan perhitungan kWh serta biaya pemakaian yang ditempuh.
- g. Jika ingin menggunakan fungsi *timer* maka perlu mengatur waktu *timer* secara manual yang terdapat pada box dengan cara menekan tombol “*up*” untuk menambah waktu *timer* dan tombol “*down*” untuk mengurangi waktu *timer*.
- h. Kemudian tekan tombol “*start*” maka perhitungan *timer* akan berjalan.
- i. Jika sudah memenuhi waktu yang telah ditentukan maka alat akan memutus rangkaian dan membunyikan alarm, untuk meresetnya tekan tombol reset yang berwarna merah dan alat akan menghubungkan listrik kembali.
- j. Ketika terjadi gangguan *overload* maka yang harus dilakukan adalah mengurangi atau memutus beban yang tersambung.
- k. Ketika terjadi gangguan *over heat* maka yang harus dilakukan adalah memastikan sambungan antar tusuk kontak dengan terminal alat tidak kendur.
- l. Ketika terjadi gangguan *under* atau *upper voltage* maka yang harus dilakukan adalah memastikan sumber tegangan dalam kualitas bagus.

- m. Ketika terjadi gangguan maka untuk menghidupkan ulang alat dengan menekan tombol reset pada box alat. Spesifikasi Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things* yang dijelaskan pada tabel 26.

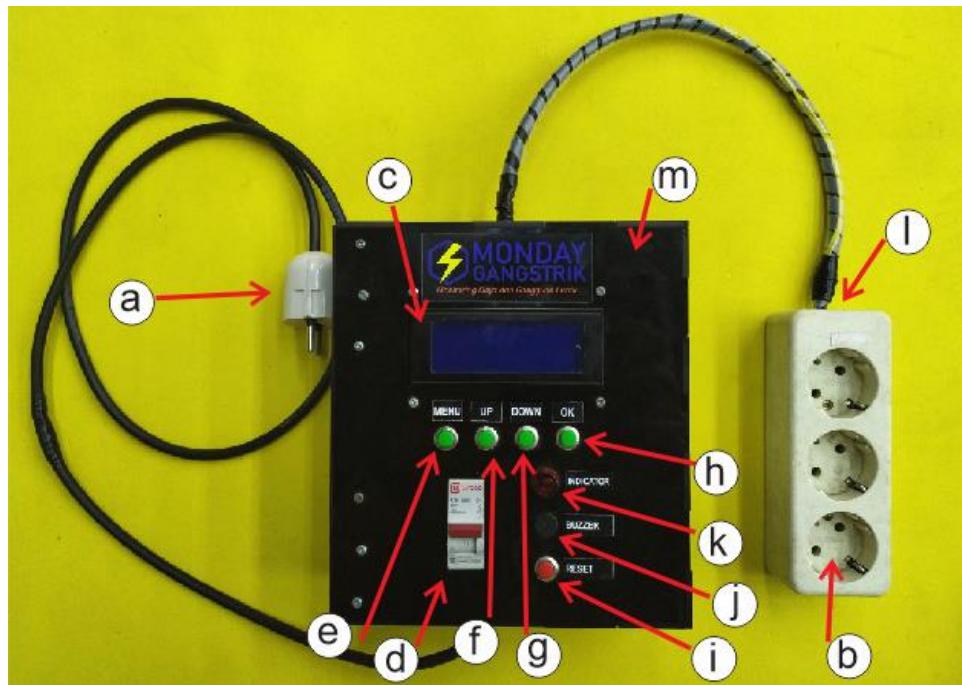
Tabel 26. Spesifikasi Alat

Tegangan Kerja	220VAC
Batas Arus	0,05A sampai 5A
Frekuensi	50Hz
Rentang Suhu	-10 sampai 85 °C
Arus Maksimal	5A
<i>Upper Voltage</i>	230VAC
<i>Under Voltage</i>	210VAC
Batas Suhu	35 °C
Fasilitas <i>Timer</i>	Ada
Sistem Monitoring	Aplikasi <i>Smartphone Online</i>
Waktu Pemutusan Tegangan	3 detik

3. Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things*.

Rancang bangun proyek akhir ini terdiri dari rancang bangun fisik serta program Arduino UNO. Program akan membuat alat monitoring pemakaian daya dan gangguan listrik bekerja dalam memonitoring pemakaian guna menghemat daya listrik dan memonitoring gangguan listrik guna mencegah kecelakaan akibat listrik seperti kebakaran. Rancang bangun fisik terdiri dari berbagai komponen sebagai berikut:

- a. Steker, merupakan pencocok yang dipasang pada ujung kabel listrik yang ditusukkan pada lubang aliran listrik untuk menyalaikan alat monitoring pemakaian daya dan gangguan listrik. Selain itu, fungsi steker disini sebagai sumber tegangan untuk mensuplai peralatan listrik yang terhubung dengan alat monitoring.



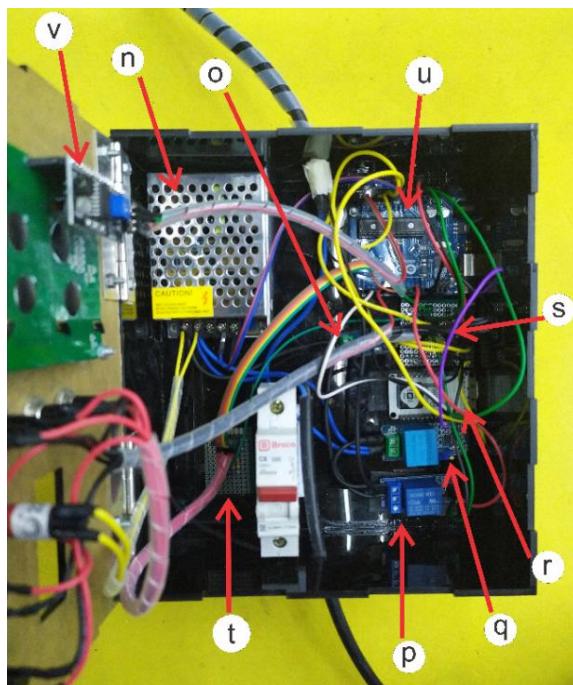
Gambar 42. Alat Monitoring Pemakaian Daya dan Gangguan Listrik Rumah Tinggal Berbasis *Internet of Things* Tampak Atas

- b. Kotak kontak, berfungsi sebagai muara penghubung antara arus listrik dengan peralatan listrik. Kotak kontak biasa disebut stop kontak.
- c. LCD (*Liquid Crystal Display*), berfungsi sebagai HMI (*Human Machine Interface*) atau sebagai media komunikasi antara pengguna dengan alat monitoring dengan cara menampilkan data hasil pengolahan arduino ataupun data pembacaan dari sensor LCD tersebut.
- d. MCB (*Miniature Circuit Breaker*), berfungsi sebagai pengaman alat dari kegagalan proteksi.
- e. Tombol menu, digunakan untuk mengatur waktu *timer* dan batas arus yang dipilih. Tekan 1 kali untuk mengatur *timer* dan tekan 1 kali lagi untuk mengatur batas arus.
- f. Tombol up, berfungsi menambahkan nilai *timer* dan batas arus. Ketika mengatur *timer* 1x tekan tombol *up* sama dengan menambahkan waktu 10

detik, sedangkan ketika mengatur batas arus, 1x tombol *up* sama dengan menambahkan 1A.

- g. Tombol *down*, berfungsi mengurangi nilai *timer* dan batas arus. Ketika mengatur *timer* atau arus 1x tekan tombol *down* sama dengan mengurangi waktu 1 detik atau mengurangi arus 1A.
- h. Tombol ok, berfungsi untuk memulai perhitungan *timer* dan persetujuan batas arus yang telah dipilih.
- i. Tombol reset, berfungsi untuk menyalakan kembali *relay* dan mematikan *buzzer* ketika terjadi gangguan listrik ataupun waktu *timer* telah dicapai.
- j. *Buzzer*, berfungsi sebagai pemberi isyarat (alarm) ketika terjadi gangguan listrik yang terdeteksi.
- k. Lampu indikator, untuk mengetahui bahwa alat monitoring telah terhubung dengan sumber VAC. Lampu menyala ketika alat telah terhubung listrik.
- l. Sensor suhu, terletak didalam stop kontak. Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu kotak kontak.
- m. Akrilik, berfungsi sebagai *cover box* dari alat monitoring pemakaian daya dan gangguan listrik rumah tinggal berbasis *internet of things*.
- n. *Power supply*, sebagai penyedia sumber tegangan DC 5V yang digunakan untuk catu daya komponen mikrokontroler arduino, sensor, modul wifi, *relay* dan LCD.
- o. Sensor arus, untuk membaca arus listrik yang mengalir ke beban pada alat monitoring.

- p. *Relay*, digunakan sebagai aktuator yang akan otomatis memutus aliran arus listrik yang terhubung dengan alat ketika terjadi gangguan. Dan otomatis akan menyambungkan ke listrik kembali jika telah ditekan tombol reset.

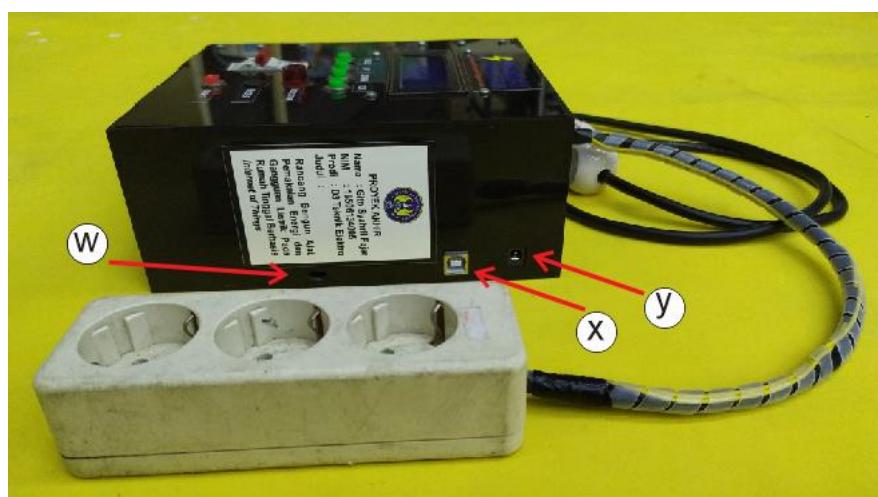


Gambar 43. Alat Tapak Bagian Dalam

- q. Sensor tegangan, untuk membaca tegangan listrik AC pada alat monitoring.
- r. Modul wifi NodeMCU, berfungsi sebagai pengirim data dari pembacaan sensor arduino ke database dengan *internet of things*. Modul ini terhubung dengan pin RX TX Arduino Uno.
- s. Rangkaian PCB, untuk menyambungkan +5V, +3.3V dan GND dari Arduino Uno yang kemudian di *jumper* ke berbagai komponen untuk *power*.
- t. Rangkaian *pull down*, yaitu dengan menambahkan sebuah resistor menuju *ground*. Rangkaian ini menghubungkan semua *push button*, bila *push button* ditekan akan memberikan data input bernilai logika *high* pada mikrokontroler.

Sementara pada saat tidak ditekan, nilai yang diterima mikrokontroler tidak lagi *float*, melainkan telah bernilai *low*.

- u. Arduino Uno, digunakan sebagai mikrokontroler atau sistem kendali dari alat monitoring.
- v. *Inter Integrated Circuit* (I2C), merupakan standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C tersambung dengan LCD, untuk itu data yang dikirim akan ditampilkan pada layar LCD 20 x 4.
- w. *Port USB NodeMCU*, digunakan ketika ingin mengupload program NodeMCU
- x. *Port USB Tipe B*, digunakan ketika ingin memprogram Arduino Uno. Selain itu *port* ini juga berfungsi untuk memberikan catu daya 5VDC kepada Arduino.
- y. *DC Jack*, untuk *input* DC Arduino. *Port* ini tersambung dengan *voltage regulator* sehingga maksimal *input* 6-20VDC.
- z. Kabel yang digunakan untuk listrik arus AC yaitu kabel NYM, sedangkan kabel arus DC menggunakan kabel AWG yang dipadukan dengan kabel *jumper* untuk instalasi kendali mikrokontroler.



Gambar 44. Alat Tampak Samping

Rancang bangun alat pemakaian daya dan gangguan listrik didukung oleh aplikasi *smartphone* berbasis *internet of things* yaitu Monitoring Daya dan Gangguan Listrik (MONDAY GANGSTRIK) dengan tampilan sebagai berikut:



Gambar 45. Aplikasi MONDAY GANGSTRIK Yang Merupakan Media Untuk Monitoring Alat berbasis *internet of things*

- a. Tanggal kirim, menunjukkan tanggal pengiriman data terakhir dari database ke aplikasi *smartphone*.
- b. Waktu kirim, menunjukkan waktu pengiriman data terakhir dari database ke aplikasi *smartphone*.
- c. Tegangan, menunjukkan nilai tegangan listrik yang tersambung dengan alat monitoring.
- d. Arus, menunjukkan nilai arus beban listrik pada alat monitoring.
- e. Daya, menunjukkan besar daya beban yang tersambung pada alat monitoring.

- f. kWh, menunjukkan besar *KiloWatt hour* yang dikonversikan menjadi per detik sehingga mempermudah dalam monitoring.
- g. Suhu kontak, menunjukkan suhu yang terdapat pada kotak kontak. Suhu dapat mengalami *over heat* jika terjadi pemakaian beban yang besar ataupun kotak kontak yang kendur. Hal ini dapat mengakibatkan bahaya.
- h. Lama pakai, menunjukkan lama pemakaian listrik ketika terdapat beban. Nilai ini akan otomatis bertambah jika beban tersebut tetap terhubung ke kotak kontak alat monitoring. Namun jika tidak ada beban, hitungan lama pakai juga otomatis akan berhenti.
- i. Biaya pakai, menunjukkan biaya yang harus dikeluarkan dalam pemakaian selama terdapat beban. Besarnya biaya ditentukan oleh jumlah kWh yang dikalikan dengan biaya per kWh yaitu Rp 1467,28.
- j. Tombol *export data full to excel*, digunakan ketika ingin mengetahui nilai monitoring secara lengkap seperti yang terbaca di database.