

BAB V

PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT

Tujuan dari proses pengukuran dan pengujian alat ini adalah untuk menilai kinerja dari alat yang telah dibuat, sekaligus menganalisis data yang dihasilkan selama pengujian. Dari hasil tersebut, dapat diketahui seberapa baik alat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Selain itu, pengujian ini juga berfungsi untuk memastikan bahwa alat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

5.1 Pengukuran

Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem bekerja sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan. Selain memastikan kinerja normal. Proses ini sangat penting dalam menjamin keandalan sistem secara keseluruhan. Adapun prosedur pengukuran dilakukan secara bertahap untuk masing-masing komponen, mulai dari tahap inisialisasi hingga pencatatan data, guna memperoleh hasil evaluasi yang akurat dan menyeluruh.

1. Menyiapkan seluruh perangkat ukur yang diperlukan untuk mendukung proses pengujian sistem, seperti multimeter dan alat pendeteksi tegangan, guna memastikan akurasi pengukuran.
2. Menyiapkan alat bantu tambahan, seperti obeng, tespen, dan perlengkapan pendukung lainnya, untuk memperlancar proses instalasi dan pengujian sistem.
3. Memverifikasi bahwa semua peralatan dan sensor, termasuk sensor CT Clamp, DHT11, dan, berada dalam kondisi fungsional sebelum pengujian dilakukan.
4. Menentukan titik pengujian yang sesuai untuk simulasi beban listrik, seperti menggunakan Resistor 0,22 Ohm 5 watt dan MOSFET untuk mereplikasi lonjakan arus dalam lingkungan terkontrol.
5. Mencatat hasil pengukuran setiap komponen secara sistematis, termasuk data dari sensor dan respons sistem, untuk dianalisis guna mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

5.1.1 Pengukuran Tegangan Komponen

Tegangan kerja pada sebuah komponen menunjukkan batas aman tegangan yang diperlukan agar komponen dapat beroperasi dengan normal. Jika komponen menerima tegangan di atas ambang batasnya, risiko kerusakan seperti panas berlebih bisa terjadi.. Oleh karena itu, dalam pengujian ini, penting untuk memastikan bahwa tegangan yang masuk ke sistem tetap berada dalam rentang kerja yang sesuai dengan spesifikasi Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan apakah masing-masing komponen berfungsi sesuai dengan standar operasionalnya, yang mencakup tegangan catu daya ke sensor DHT11, tegangan catu daya ke ESP32 dapat dilihat Pada Tabel 5.1

- a. Tegangan catu daya ke sensor DHT11
- b. Tegangan catu daya ke ESP32

Tabel 5. 1 Pengukuran Tegangan Komponen

Catu Daya DHT11	Dokumentasi
	
	Keterangan
	Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter, input tegangan pada sensor DHT11 tercatat sebesar 5.09 V. tegangan tersebut berada pada rentang 3-5.5 VDC.

Catu Daya ESP32	Dokumentasi 
	Keterangan
	Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter, input tegangan pada ESP32 tegangan tercatat sebesar 5.1 V. tegangan tersebut berada pada rentang 3.3-5 VDC

5.2 Pengujian *Hardware*

Pengujian *hardware* dilakukan untuk memastikan setiap komponen dalam sistem bekerja sesuai fungsi yang dirancang. Pengujian diawali dengan pemeriksaan sensor CT Clamp untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi arus yang mengalir pada konduktor. Sinyal keluaran dari sensor kemudian diolah dan diteruskan ke mikrokontroler ESP32 untuk diuji dari sisi pembacaan dan pengolahan data menjadi informasi jumlah *surge*. Hasil perhitungan selanjutnya ditampilkan melalui LCD Display serta dikirimkan ke dashboard Blynk agar dapat dipantau secara real time dari jarak jauh.

5.2.1 Rangkaian Pengondisi Sinyal

Sumber masukan dari alat ukur sambaran petir ini merupakan sebuah signal impulse dengan durasi singkat namun memiliki nilai yang sangat besar dari segi arus ataupun tegangan yang diakibatkan olehnya. Instrumen pengukuran pada umumnya hanya bisa mengukur parameter kelistrikan secara langsung dalam skala puluhan atau beberapa dalam ratusan saja. Oleh karena itu perlu dibuat sebuah rangkaian yang berfungsi untuk mengondisikan signal masukan menjadi signal yang dapat diterima oleh instrument pengukuran.

Rangkaian pengondisi sinyal pada alat ini berfungsi untuk menyesuaikan karakteristik sinyal lonjakan arus (surge) yang ditangkap oleh CT Clamp. Surge yang terjadi di lapangan umumnya berupa impuls dengan durasi sangat singkat serta amplitudo tegangan yang sangat tinggi. Jika sinyal tersebut langsung dihubungkan ke ESP32, maka bisa dipastikan ESP32 akan mengalami kerusakan. Oleh sebab itu diperlukan pengondisian sinyal yang terdiri dari proteksi, penyearah, penyaring, hingga pembatas tegangan dan arus. Rangkaian pengondisi sinyal terdiri atas komponen :

1. Resistor Burden

Berfungsi mengubah arus keluaran dari CT Clamp menjadi tegangan yang sebanding, sehingga dapat diproses lebih lanjut. Pemilihan nilai resistor ini disesuaikan agar tegangan yang dihasilkan masih dalam batas aman rangkaian proteksi berikutnya.

2. Dioda TVS (*Transient Voltage Suppressor*)

Digunakan sebagai proteksi awal terhadap impuls bertegangan tinggi. TVS akan menjepit tegangan berlebih agar tidak langsung masuk ke rangkaian berikutnya.

3. Dioda Penyearah dan Kapasitor Filter

Penyearah digunakan agar sinyal yang masuk hanya bernilai positif. Kapasitor yang dipasang setelah dioda berfungsi meredam fluktuasi cepat sehingga sinyal keluaran lebih stabil.

4. Dioda Zener

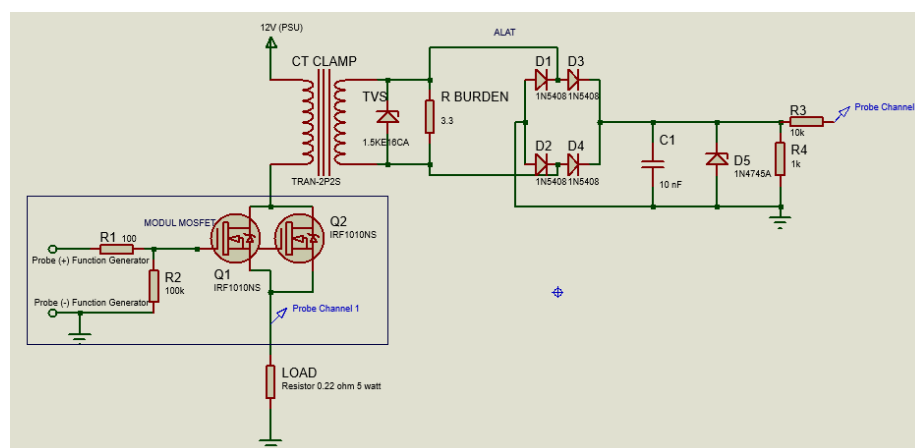
Berfungsi sebagai pembatas tegangan maksimum yang akan diteruskan ke rangkaian. Dengan adanya zener, tegangan yang masuk tidak melebihi batas aman. sebagai pembatas tegangan maksimum yang akan diteruskan ke sensor. Dengan adanya zener, tegangan yang masuk ke sensor tidak melebihi batas aman.

5. Pembagi Arus

Digunakan untuk memastikan nilai arus yang masuk ke sensor tidak terlalu besar.

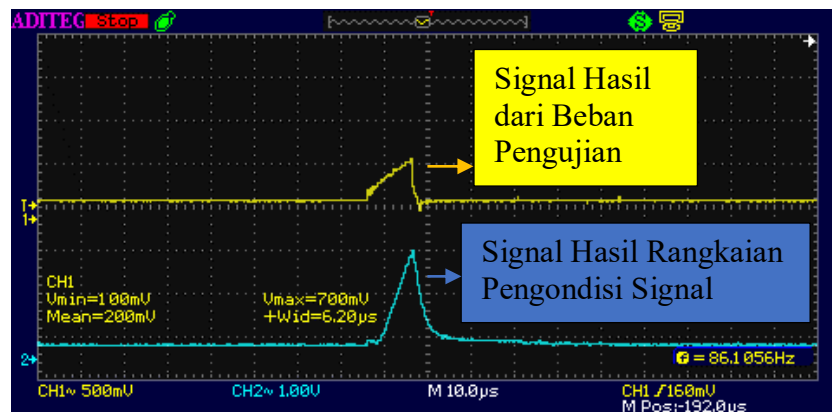
Dengan susunan komponen tersebut, sinyal impuls berenergi besar yang semula berbahaya dapat dikondisikan menjadi sinyal tegangan yang lebih kecil, stabil, dan aman yang dapat dibaca oleh ESP32.

Untuk menguji kinerja rangkaian dalam menyesuaikan sinyal agar aman bagi ESP32, dilakukan simulasi lonjakan arus (surge) menggunakan beban resistor sebesar $0,22 \Omega$ dengan daya 5 watt. Beban ini digunakan untuk menarik arus dari sumber tegangan 12 V yang dikendalikan oleh modul MOSFET. Lonjakan arus disimulasikan dengan cara mengaktifkan MOSFET dalam waktu sangat singkat (sepersekian detik), sehingga arus berfluktuasi tajam selama durasi singkat tersebut. Perubahan arus cepat yang terjadi kemudian dideteksi oleh sensor CT Clamp, yang mengubahnya menjadi sinyal tegangan dan meneruskannya ke surge counter untuk dihitung dan dianalisis.



Gambar 5. 1 Wiring Rangkaian Pengujian sinyal input dari Pengujian dan Keluaran sinyal analog Pengondisi sinyal

Gambar 5.1 menunjukkan skema rangkaian uji yang dilakukan. Digunakan osiloskop untuk mengetahui bagaimana sinyal yang terbentuk pada rangkaian. Probe 1 (warna kuning) dihubungkan pada beban uji penarik arus untuk mengetahui bagaimana bentuk sinyal masukan yang diterima oleh CT Clamp, sedangkan probe 2 (warna biru) dipasang paralel pada kaki R3 dan ground untuk melihat sejauh mana perubahan sinyal yang terjadi dan apa yang terjadi ketika sinyal tersebut diterima oleh ESP32.



Gambar 5. 2 Hasil Sinyal Rangkaian Pengujian sinyal input dari Pengujian dan Keluaran sinyal analog Pengondisi sinyal

Dari hasil Gambar 5.2 nampak bahwa rangkaian beban uji menggunakan suplai dan MOSFET berhasil menghasilkan sinyal impulse singkat berdurasi 10 mikrosecon dengan nilai amplitude sinyal sebanyak 500 mV (kuning). Sedangkan untuk sinyal keluarannya (biru) memiliki amplitude sebanyak 2 V yang nilainya lebih tinggi dari sinyal masukannya. Ini terjadi karena deteksi yang dilakukan oleh CT Clamp adalah berdasarkan perubahan arus, nilai tegangan yang kecil pada sinyal masukannya menunjukkan adanya aliran arus yang besar mengalir di resistor tersebut. Perubahan arus yang terjadi inilah yang terdeteksi oleh CT Clamp dan diturunkan sejauh rasio dari CT Clamp tersebut. Sehingga sangat mungkin terjadi ketika nilai tegangan keluaran yang terbentuk lebih besar dari tegangan masukannya.

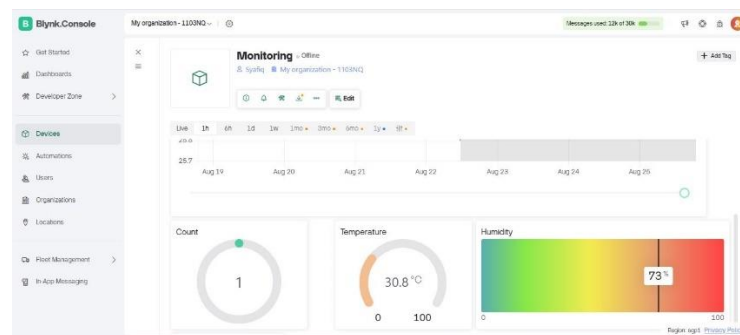
Hasil keluaran dari rangkaian pada Gambar 5.2 merupakan tegangan analog. Tujuan dari pembuatan alat surge counter ini adalah untuk mendeteksi jumlah lonjakan yang terjadi secara akurat. Jika nilai tegangan analog tersebut yang digunakan sebagai nilai masukan bagi ESP32, maka perlu pembacaan analog pada program ESP32 supaya pada rentang tegangan masukan yang kecil, jumlah kejadian lonjakan masih bisa terdeteksi. Namun pembacaan adc atau nilai analog pada mikrokontroller secara umum mempunyai beberapa kekurangan terkait dengan noise dan kecepatan bacaan. Sinyal analog adalah level tegangan yang kontinu. Sedikit saja ada fluktuasi tegangan dari luar, mikrokontroler akan membacanya sebagai perubahan nilai yang valid. Membaca nilai analog memerlukan proses yang disebut konversi analog-ke-digital (ADC), yang terdiri dari beberapa langkah yang membutuhkan waktu, biasanya dalam orde mikrodetik (μs) sehingga kecepatan ADC bisa menjadi faktor pembatas. Sehingga untuk aplikasi yang butuh respons real time sangat cepat terhadap perubahan kecil, keterlambatan dari ADC bisa menjadi masalah serius.

Dalam mengatasi hal tersebut, supaya ESP32 dapat mendeteksi adanya lonjakan secara real time, digunakan jenis masukan digital. Untuk memperoleh nilai digital berdasarkan nilai analog tertentu, perlu komponen konversi berupa komparator seperti LM311. Komparator digunakan untuk menaikkan dan menurunkan nilai tegangan masukan yang diberikan menjadi nilai tegangan LOW (0 V) ketika nilainya kurang dari tegangan referensi serta menjadi nilai HIGH (3.3 V/5 V) saat nilainya melebihi tegangan referensinya. Pada kasus ini, nilai tegangan referensi yang diberikan adalah mendekati 0V atau secara spesifik menggunakan 39 mV. Tujuan agar lonjakan dengan skala nilai yang kecil masih bisa terdeteksi oleh ESP32. Gambar 5.3 menunjukkan rangkaian akhir dari pengondisi sinyal dengan keluaran berupa sinyal digital.

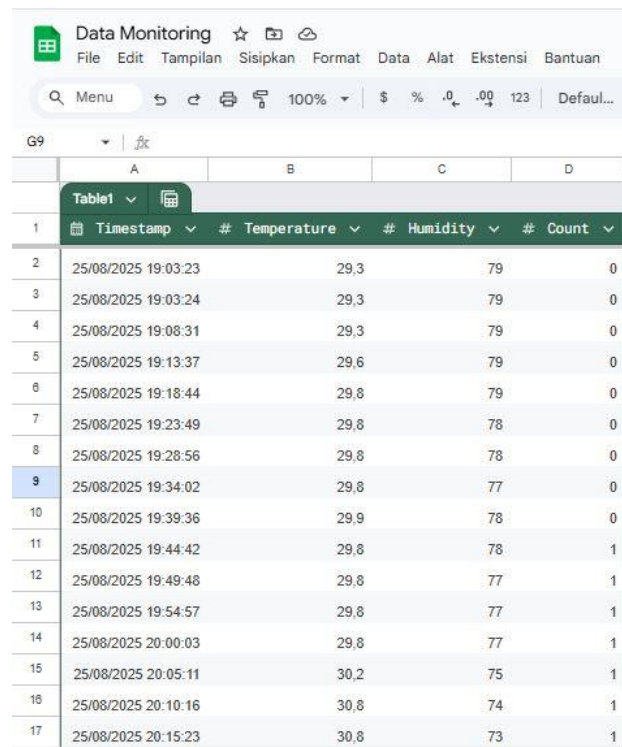
mulai dari proses inisialisasi perangkat, pembacaan data sensor, konversi analog ke digital, hingga pengiriman data secara real time ke dashboard.

5.3.1 Sinkronisasi Data dengan Dashboard dan Data Logger

Sinkronisasi data dengan dashboard dan data logger merupakan bagian penting dalam sistem pemantauan berbasis IoT. Pada tahap ini, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa data yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32 dari sensor CT Clamp, DHT11, dapat dikirim dan ditampilkan secara real time melalui platform Blynk. Data seperti status lonjakan arus, suhu, dan kelembapan ditampilkan dalam bentuk grafik dan indikator pada dashboard, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara langsung dari perangkat seluler atau komputer. Selain itu, sistem juga diuji untuk kemampuan mencatat data historis (data logger), yang berguna untuk keperluan analisis lebih lanjut. Selama pengujian, perangkat menunjukkan respons sinkronisasi yang baik data ditampilkan dengan cepat dan akurat, serta perubahan kondisi di lapangan langsung tercermin pada dashboard. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara perangkat keras dan cloud berjalan stabil, dan sistem berhasil menjalankan fungsinya dalam menyediakan pemantauan jarak jauh yang informatif dapat dilihat Pada Gambar 5.5 dan 5.6



Gambar 5. 5 Dashboard Blynk



	A	B	C	D
	Timestamp	Temperature	Humidity	Count
1				
2	25/08/2025 19:03:23	29,3	79	0
3	25/08/2025 19:03:24	29,3	79	0
4	25/08/2025 19:08:31	29,3	79	0
5	25/08/2025 19:13:37	29,6	79	0
6	25/08/2025 19:18:44	29,8	79	0
7	25/08/2025 19:23:49	29,8	78	0
8	25/08/2025 19:28:56	29,8	78	0
9	25/08/2025 19:34:02	29,8	77	0
10	25/08/2025 19:39:36	29,9	78	0
11	25/08/2025 19:44:42	29,8	78	1
12	25/08/2025 19:49:48	29,8	77	1
13	25/08/2025 19:54:57	29,8	77	1
14	25/08/2025 20:00:03	29,8	77	1
15	25/08/2025 20:05:11	30,2	75	1
16	25/08/2025 20:10:16	30,8	74	1
17	25/08/2025 20:15:23	30,8	73	1

Gambar 5. 6 Tampilan Data pada Spreadsheet

5.4 Pengujian Perangkat Surge Counter

Pengujian dilakukan menggunakan Resistor kapur 0,22 ohm 5 watt dengan daya sebagai load yang dihubungkan melalui MOSFET. Saat MOSFET dinyalakan, arus mengalir ke beban dan memicu respons dari sensor CT Clamp. Perubahan ini terbaca sebagai lonjakan arus sesaat yang kemudian dihitung oleh surge counter sebagai satu kejadian. Dari hasil pengujian pada gambar, terlihat bahwa sistem mampu mendeteksi setiap kali beban diaktifkan, yang ditunjukkan oleh penambahan angka pada tampilan LCD maupun dashboard Blynk. Hal ini membuktikan bahwa alat bekerja sesuai fungsinya dalam mendeteksi dan menghitung surge.

Selain menggunakan beban resistor dan MOSFET, pengujian juga dilakukan dengan *function generator*. Alat ini digunakan untuk memberikan sinyal impuls dengan frekuensi dan amplitudo yang dapat diatur secara presisi untuk mengatur nyala mati dari MOSFET. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauh mana rangkaian pengondisi dan sistem penghitungan mampu merespons sinyal dalam

berbagai kondisi, termasuk pada frekuensi tinggi dan amplitudo rendah yang menyerupai karakteristik surge sesaat. Dengan *function generator*, respon rangkaian dapat dievaluasi secara lebih terkontrol, terutama untuk melihat batas minimum tegangan yang masih dapat terdeteksi oleh sensor. Bisa dilihat pada Gambar 5.7



Gambar 5. 7 Pengujian menggunakan Beban Resistor 5Watt 0.22Ohm



Gambar 5. 8 Tampilan Counter Sebelum(kiri) dan Sesudah(kanan)



Gambar 5. 9 *Function Generator*

Pada Gambar 5. 8 menunjukkan nilai counter sebelum dan sesudah diberikan Gelombang Sinyal 10 mikrosekon frekuensi 1Hz selama 1 detik. Hasil menunjukkan nilai penambahan 1 dalam kurun waktu 1 detik.

Pada Gambar 5.9 *Function Generator* Untuk memverifikasi kinerja surge counter, dilakukan pengujian dengan cara memberikan Pulsa dengan Frequency 10 sampai 100 Hz secara bertahap. Hasil pengujian kemudian dicatat dalam tabel 5.2

Tabel 5. 2 Pengujian Validasi Counter

Pulse (Hz)	Counter (Δn)	Valid/Invalid
10	10	Valid
20	20	Valid
30	30	Valid
40	40	Valid
50	50	Valid
60	60	Valid
70	70	Valid
80	80	Valid
90	90	Valid
100	100	Valid

Pada Pada Tabel 5.2 Hasil Pengujian, ditampilkan jumlah percobaan, kondisi saklar (ON/OFF). Pada pengujian ini, beban resistor $0.22\ \Omega$ dihubungkan melalui sebuah MOSFET yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Ketika MOSFET diberi sinyal aktif (ON), arus dari power supply 12 V mengalir dengan cepat menuju beban, sehingga memicu respon induksi pada CT Clamp. Arus sesaat yang mengalir tersebut terbaca sebagai lonjakan singkat (impuls) yang kemudian dihitung oleh sistem sebagai satu kejadian surge.

Dari data pada tabel, terlihat bahwa setiap kali MOSFET diaktifkan, arus yang masuk ke beban meningkat sesuai spesifikasi, dan surge counter mencatat kenaikan satu hitungan pada tampilan LCD maupun dashboard Blynk. Sebaliknya, ketika MOSFET dalam kondisi OFF dan tidak ada arus yang mengalir, tidak terjadi penambahan hitungan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi ada atau tidak adanya surge secara konsisten, serta dapat bekerja stabil pada setiap percobaan.

Tabel 5.2 menunjukkan hasil verifikasi kinerja perangkat surge counter yang sudah dibuat. Dari tabel, didapati bahwa ketika perangkat diberikan pulsa dengan frekuensi 10 hingga 100 Hz, terjadi penambahan jumlah counter sebesar nilai frekuensinya. Sebagai contoh, pada pemberian pulsa frekuensi 50 Hz, jumlah penambahan pulsa per detik yang tertampil pada LCD perangkat menunjukkan angka 50, begitu juga pada nilai frekuensi lain yang diujikan. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat berhasil mendeteksi setiap pulsa yang masuk secara realtime atau dalam kata lain hasil pembacaannya dapat dipercaya.