

IMPLEMENTASI SENSOR PZEM-004T SEBAGAI ALAT PENGHITUNG BIAYA LISTRIK PADA PELANGGAN PASCABAYAR TEGANGAN RENDAH 1 FASA YANG DILENGKAPI SISTEM MONITORING ARUS BERLEBIH BERBASIS TELEGRAM

Rizki Ardianto⁽¹⁾, Eko Ariyanto⁽²⁾

¹⁾Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
rizkiardiant0005@gmail.com⁽¹⁾, kolunan_04@yahoo.co.id⁽²⁾

ABSTRACT

In 2022, approximately 41.47% of residential electricity customers in Lampung Province were still using postpaid kWh meters. However, many residents have complained that their electricity bills are inaccurate. Excessive current in residential electrical systems can cause the MCB to trip, disrupting electricity usage. If left unchecked, this can lead to new problems such as electrical short circuits, which can trigger fires. The PZEM-004T sensor was implemented as a monitoring tool to track the amount of electricity consumed, along with an estimate of the electricity bill, and utilizes the Telegram platform to monitor excessive current in residential electrical installations. The device is designed for single-phase, low-voltage residential applications with a capacity of 450 VA to 900 VA. Measurement and testing results showed an average error percentage of 2.67% for current, 0.3995% for voltage, 1.78% for power, 1.84% for electrical energy consumption, and 1.5% for the estimated electricity bill. These values remain within the permissible limits set by Ministry of Energy and Mineral Resources Regulation No. 4 of 2009, which specifies a tolerance of $\pm 2\%$.

Keywords: PZEM-004T, Electricity Costs, Overcurrent Monitoring, Arduino Mega 2560, Telegram.

PENDAHULUAN

Listrik memegang peran penting dalam kehidupan saat ini baik dalam skala rumah tangga hingga skala industri. Pada tahun 2022, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tercatat pelanggan listrik rumah tangga di Indonesia mencapai 78.327.897[1]. Hal ini menunjukkan kenaikan sebesar 3,46% dari tahun 2021[2]. Di Provinsi Lampung sendiri pada tahun 2022 pelanggan listrik rumah tangga mencapai 2.294.945[3].

KWh meter listrik pascabayar masih banyak dijumpai di masyarakat dikarenakan minat masyarakat terhadap kWh meter pascabayar masih cukup tinggi. Pada tahun 2022 sekitar 41,47 % pelanggan listrik rumah tangga di Provinsi Lampung masih menggunakan kWh meter pascabayar[3]. Kwh meter jenis ini hanya dapat memperlihatkan banyaknya penggunaan energi listrik yang telah terpakai tanpa memberikan informasi mengenai besarnya tagihan listrik secara periodik. Hal tersebut menimbulkan ketidakpuasan pelanggan dan menimbulkan perasaan ketidakadilan.

Arus berlebih pada instalasi rumah tangga dapat menyebabkan masalah, baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Akibat yang sering terjadi, berupa pemutusan aliran arus listrik oleh MCB sehingga aktivitas penggunaan energi listrik

terganggu. Jika hal ini terus dibiarkan, dapat mengakibatkan permasalahan yang lebih serius berupa korsleting listrik yang menjadi pemicu utama kebakaran di daerah perumahan.

Alat ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor PZEM-004T sebagai penghitung biaya tagihan listrik serta penggunaan platform aplikasi telegram sebagai media monitoring adanya aktivitas arus berlebih yang dapat diakses menggunakan smartphone. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan NodeMCU 8266 digunakan sebagai pengeksekusi dan pengelola data yang dibaca oleh sensor PZEM-004T yang kemudian akan dikirimkan ke telegram melalui NodeMCU ESP-8266.

METODE PENELITIAN

Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah alat sensor yang berfungsi untuk mengukur parameter dari tegangan, arus, daya aktif, dan energi listrik (wh). Sistem kabel yang digunakan pada modul ini memiliki 2 bagian, yaitu dari kabel terminal masukan tegangan dan arus, serta kabel komunikasi serial. Berdasarkan pada kebutuhan, modul ini memiliki papan pin TTL untuk mendukung komunikasi data serial antar perangkat keras. Jalur komunikasi PZEM-004T dengan

perangkat keras yang lain dapat menggunakan port USB atau RS-232[4].



Gambar 1. Sensor PZEM-004T

NodeMCU ESP-8266

NodeMCU ESP 8266 adalah papan platform IOT *open source* dan kit pengembangan bahasa pemrograman Lua yang dapat membantu membuat *prototype* yang dapat diprogram dengan perintah yang dibangun melalui aplikasi Arduino IDE. Kit pengembangan ini memanfaatkan jaringan internet melalui modul ESP8266 yang telah *building* dengan papan NodeMCU ESP8266[5].



Gambar 2. NodeMCU ESP-8266

Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah *board arduino* yang menggunakan IC Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Board* ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital *Input / Output*, 15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 buah *analog Input*, 4 UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi kristal 16 Mhz. Pada tugas akhir ini, arduino mega 2560 digunakan sebagai kontrol sistem utama yang mengatur koordinasi antar komponen. Penggunaan *board arduino* ini dengan menghubungkan *power* dari USB ke adaptor 5 V DC atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC[10].



Gambar 3. Arduino Mega 2560

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu[6]. Daya terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Daya Aktif

Daya dengan satuan Joule/detik atau Watt disebut sebagai daya aktif. Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihamburkan atau dipakai oleh beban.

$$P = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

P : daya (Watt)

V : tegangan (V)

I : arus (A)

$\cos \phi$: faktor daya sebesar 0,85

2. Daya Reaktif

Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dengan kata lain merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya.

$$Q = V \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

Q : Daya (VAR)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

Φ : Sudut Antara Arus Dan Tegangan

3. Daya Semu

Daya tampak merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S.

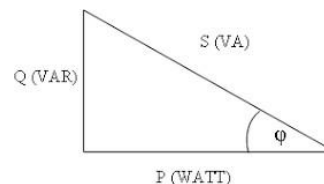
$$S = V \times I \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

S : Daya (VA)

V : Tegangan (V)

I : arus (A)



Gambar 4. Segitiga Daya

Energi Listrik

Energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan[8].

$$W = P \times t \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

P : daya dalam Watt (W)
T : Waktu dalam jam (h)
W : Energi dalam watt jam (Wh)

Tarif Dasar Listrik (TDL)

Biaya pemakaian energi listrik untuk beban-beban listrik rumah tangga didasarkan atas penetapan Tarif Dasar Listrik (TDL) yang ditetapkan oleh pemerintah sesuai Peraturan Menteri ESDM No. 28 Tahun 2016[7].

$$Bill = ((\sum W \times \text{tarif}) + \text{Biaya Beban}) + ((\sum W \times \text{tarif}) + \text{Biaya Beban}) \times PPJ) \dots (5)$$

Dengan :

Bill : Biaya Energi Listrik (Rupiah)
 $\sum W$: Jumlah Energi Terpakai (kWh)
Tarif : biaya pemakaian sesuai gol. Tarif
PPJ : Pajak Penerangan Jalan 10 %
Biaya Beban : Rekening Minimum (RM)

Sedangkan untuk menghitung RM menggunakan persamaan :

$$RM = 40 (\text{jam nyala}) \times \text{KvA (daya tersambung)} \times \text{Biaya Pemakaian} \dots (6)$$

Dengan :

RM : Rekening Minimum
Daya Tersambung : Daya Pelanggan
Biaya Pemakaian : Tarif sesuai Daya

Error

Error adalah selisih antara yang ditimbulkan nilai sebenarnya dengan nilai yang dihasilkan dengan alat yang dibuat[9].

$$\xi\alpha = \frac{|\alpha - \alpha^*|}{\alpha} \times 100\% \dots (6)$$

Dengan :

$\xi\alpha$: Persentase Error
 α : Nilai Eksak
 α^* : Nilai Hampiran

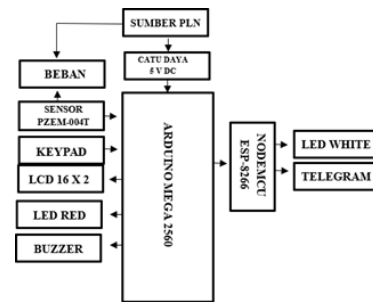
Telegram

Telegram merupakan sebuah aplikasi pengirim pesan yang terdapat di *platform mobile, desktop* dan *web*[10]. Bot telegram memiliki fungsi otomatis yang dapat merespon sesuai perintah atau *request user*.



Gambar 5. Telegram

Perancangan Sistem

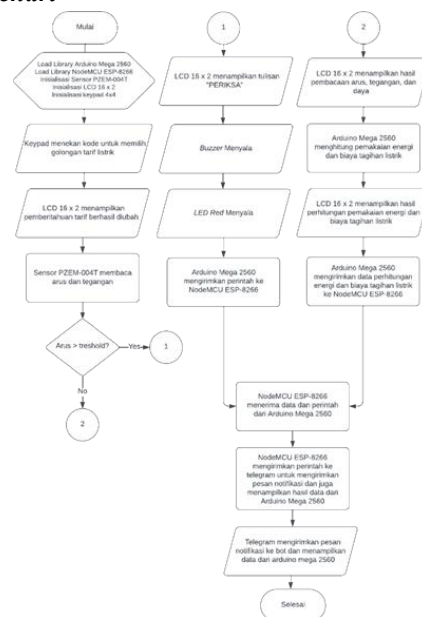


Gambar 6. Diagram Alur Alat

Dalam suatu sistem, terdapat tiga unsur utama berupa masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Pada blok diagram di atas, ketiga unsur utama tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

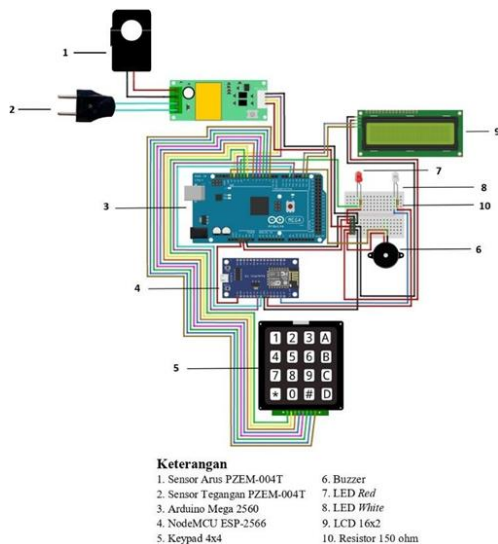
1. Masukan (*input*). Komponen yang digunakan sebagai masukan pada mikrokontroler *Arduino Mega 2560* adalah adaptor 5 V DC, keypad dan juga sensor PZEM-004T.
2. Proses. Komponen yang digunakan sebagai proses yang menjalankan perintah adalah *Arduino Mega 2560*. Mikrokontroler *Arduino Mega 2560* berfungsi sebagai pengendali utama yang memproses masukan sehingga menghasilkan keluaran pada sistem.
3. Keluaran (*output*). Komponen yang digunakan sebagai piranti keluaran dari mikrokontroler yaitu LCD 16 x 2, LED, buzzer, dan telegram.

Flowchart



Gambar 7. Flowchart Sistem

Rangkaian Alat



Gambar 8. Rangkaian Alat

Cara Kerja Sistem

Ketika sumber tegangan PLN 220 VAC dihubungkan dengan rangkaian maka tegangan akan melalui adaptor 5 V DC. Sensor PZEM-004T yang disuplai tegangan oleh arduino sebesar 5 V DC mendeteksi arus, dan tegangan pada instalasi rumah. Pada sensor PZEM-004T, untuk mendeteksi arus yang melewati beban menggunakan *CT open* yang merupakan jenis sensor *non- invasive*. Sinyal dari hasil pengukuran akan menuju mikrokontroler Arduino Mega 2560. Mikrokontroler mendapatkan masukan dari sensor PZEM-004T berupa data arus dan tegangan. Mikrokontroler kemudian memproses masukan dari sensor arus PZEM-004T. Untuk menghitung banyaknya daya yang digunakan, arduino mega 2560 mengalikan banyaknya arus yang dibaca dengan nilai tegangan yang terdeteksi. Hasil pembacaan sensor tersebut ditampilkan pada LCD 16 x 2.

Pada setiap periode tertentu, mikrokontroler arduino mega 2560 akan menghitung rata-rata daya yang digunakan dan diubah dalam bentuk energi (kWh). Kemudian hasil banyaknya energi dalam kWh dikalikan dengan nominal sesuai tarif listrik pelanggan dan dijumlahkan dengan 10 % pajak lampu penerangan jalan umum dan biaya beban. Didapatkanlah perkiraan biaya tagihan listrik yang harus dibayarkan pada periode tersebut. Hasil biaya listrik yang harus dibayarkan akan ditampilkan pada LCD 16 x 2 dan telegram.

Ketika sensor PZEM-004T mendeteksi adanya aktivitas arus yang berlebih, maka Arduino Mega 2560 akan membandingkan nilai arus yang didapat dari sensor PZEM-004T tersebut dengan nilai arus yang sudah di-*setting*. Apabila arus yang

mengalir melebihi arus *setting*, maka Arduino Mega 2560 akan mengirimkan perintah aktif ke *buzzer* dan LED *red*. Dan kemudian *buzzer* menyala dan LED *red* menyala. LCD 16 x 2 akan menampilkan tulisan “PERIKSA” yang disertai banyaknya arus yang terdeteksi. Arduino kemudian mengirimkan pesan ke nodeMCU ESP-8266 dan kemudian nodeMCU ESP-8266 mengirimkan pesan ke telegram bahwasanya telah terjadi aktivitas beban berlebih pada instalasi rumah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Arus

Pengukuran nilai arus dilakukan dengan menggunakan alat ukur ampere meter dan alat Tugas Akhir yang telah dibuat kemudian hasil keduanya dibandingkan dan dihitung nilai erornya.

Table 1. Pengukuran Arus

Jenis Tarif	Ampere Meter I (A)	Alat I (A)	Error (%)
450 VA	1,35	1,36	0,74
450 VA	0,74	0,78	5,4
900 VA	2,73	2,79	2,1
Subsidi	2,56	2,60	1,56
900 VA RTM	3,14	3,18	1,27
900 VA RTM	2,89	2,94	5
$\bar{x}$	% error		2,67

Pengukuran Tegangan

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter dan juga alat yang telah dibuat yang kemudian kedua hasil dibandingkan dan dihitung nilai erornya.

Table 2. Pengukuran Tegangan

Jenis Tarif	Multi Meter V (V)	Alat V (V)	Error(%)
450 VA	216	216,40	0,18
450 VA	217	217,10	0,04
900 VA	211	210,90	0,047
Subsidi	213	211,70	0,61
900 VA RTM	209	209,30	0,14

900 VA RTM	214	211,20	1,38
$\bar{x}$	% error	0,3995	

Pengukuran Daya

Pengukuran daya dilakukan dengan menghitung menggunakan persamaan (1) dengan mengalikan hasil pengukuran tegangan menggunakan multimeter dengan hasil pengukuran arus menggunakan ampere meter yang kemudian dikalikan dengan $\cos \varphi$ sebesar 0,85. Pengukuran juga dilakukan dengan menggunakan alat tugas akhir yang telah dibuat kemudian nilai keduanya dibandingkan untuk menentukan nilai erornya.

Table 3. Pengukuran Daya

Jenis Tarif	Perhitungan	Alat	Error (%)
	Persamaan (1)		
	P (W)	P (W)	
450 VA	288,68	290,93	0,77
450 VA	157,36	166,38	5,7
900 VA	576,03	588,41	2,1
900 VA	534,37	538,58	0,22
900 VA	656,26	665,36	1,38
900 VA	606,09	609,33	0,53
RTM			
$\bar{x}$	% error	1,78	

Pengukuran Energi Listrik

Pengukuran energi listrik dilakukan dengan mengalikan perhitungan daya sebelumnya dengan periode waktu pembacaan. Dalam percobaan ini selama 1 jam. Pengukuran juga dilakukan dengan menggunakan alat tugas akhir yang telah dibuat yang kemudian nilai keduanya dibandingkan untuk diketahui nilai erornya.

Table 4. Pengukuran Energi Listrik

Jenis Tarif	Perhitungan	Alat	Error (%)
	Rumus		
	W (kWh)	W(kWh)	
450 VA	0,28868	0,28	3,1
450 VA	0,15736	0,16	1,6
900 VA	0,57603	0,59	2,42
900 VA	0,53437	0,53	0,81
Subsidi			

900 VA RTM	0,65626	0,66	0,56
900 VA RTM	0,60609	0,59	2,6
$\bar{x}$	% error	1,84	

Pengukuran Biaya Tagihan Listrik

Pengukuran dilakukan dengan melakukan perhitungan dari hasil energi yangtelah didapatkan sesuai persamaan (6) dan menggunakan alat tugas akhir yang telah dibuat. Kemudian kedua nilai dibandingkan untuk didapatkan nilai erornya.

Table 5. Pengukuran Biaya Tagihan Listrik

Jenis Tarif	Perhitungan	Alat	Error (%)
	Persamaan (6)		
	(Rp)	(Rp)	
450 VA	70,45	68,84	2,28
450 VA	46,04	46,54	1,08
900 VA	204,79	209,03	2,0
900 VA	192,2	190,88	0,69
900 VA	1.050,45	1.056,02	0,53
900 VA	975,84	951,91	2,45
RTM			
$\bar{x}$	% error	1,5	

Pengujian Arus Berlebih

Pada pengujian arus berlebih ini, menggunakan papan simulasi berupa 9 lampu pijar dengan masing-masing kapasitas daya sebesar 100 W yang dipasang secara seri dan paralel. Pada percobaan tarif 450 VA, arus batas diatur sebesar 1 A yaitu berupa nyalanya 3 buah lampu pijar. Sedangkan untuk percobaan tarif 900 VA subsidi dan 900 VA RTM, arus batas diatur sebesar 2 A atau sebanyak 6 buah lampu pijar yang menyala.



Gambar 9. Percobaan Tarif 450 VA dengan 3 Buah Lampu pijar Menyala



Gambar 10. Telegram Mengirimkan Notifikasi Pesan pada Percobaan Tarif 450 VA



Gambar 11. Percobaan tarif 900 VA Subsidi dan RTM dengan 6 buah Lampu Pijar Menyala



Gambar 12. Telegram Mengirimkan Notifikasi Pesan pada Percobaan Tarif 900 VA Subsidi dan RTM

Dari percobaan ketiga jenis tarif, semua sistem berjalan sesuai dengan mestinya. Lampu LED terlihat aktif menyala, *buzzer* aktif, dan telegram mengirimkan pesan notifikasi ketika sensor PZEM-004T mendeteksi adanya aktivitas arus yang berlebih.

KESIMPULAN

1. Pada alat yang telah dibuat, Arduino Mega 2560 berhasil difungsikan sebagai pusat pengendali alat.
2. Sensor PZEM-004T dapat diimplementasikan dengan baik, dengan tingkat kesalahan pembacaan nilai arus sebesar 2,67% , tegangan 0,3995%, daya 1,78%, energi listrik terpakai 1,84%, dan biaya tagihan listrik 1,5%, masih dalam batas yang diperbolehkan sesuai Peraturan Menteri ESDM No. 04 Tahun 2009 yaitu sebesar $\pm 2\%$.

3. Sistem monitoring arus berlebih untuk APP 1 fasa tegangan rendah tarif 450 VA, 900 VA Subsidi dan 900 VARTM dapat berjalan sesuai yang direncanakan.
4. LED *red* dan *buzzer* terpantau aktif yang diikuti dengan telegram mengirimkan pesan notifikasi ketika sensor PZEM- 004T mendeteksi adanya aktivitas arus yang melebihi batas yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga jurnal ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih kepada civitas akademika Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Industri Universitas Diponegoro atas ilmu dan dukungan yang diberikan, keluarga tercinta atas doa serta semangat yang tiada henti, serta rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dan memberikan masukan dalam penyusunan jurnal ini.

Penulis menyadari masih terdapat keterbatasan dalam jurnal ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang ketenagalistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. P. P. (Persero), STATISTIK PLN 2021, JAKARTA: Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero), 2021.
2. P. P. (Persero), STATISTIK PLN 2022, Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero), 2022.
3. B. P. S. K. B. LAMPUNG, "Jumlah Pelanggan Listrik Provinsi Lampung 2022," 2022. [Online]. [Accessed 2023].
4. H. M. Saepudin Nirwan, "RANCANG BANGUN APLIKASI UNTUK PROTOTIPE SISTEM MONITORING KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS PZEM-004T," Jurnal Teknik Informatika, vol. 12, p. 2, 2020.
5. A. H. Isworo Setyo Nugrho, "Rancang Bangun Trainer Smart Home dengan FiturVoice Recognition Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things," Jurnal Vocational Teknik

- Elektronika dan Informatika, vol. 10, p. 4, 2022.
6. S. R. S. S. ., D. E. M. R. S. M. Temy Nusa, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 4, p.5, 2015.
 7. M. E. d. S. M. Indonesia, PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBERDAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 26 TAHUN 2016, Jakarta, 2016.
 8. M. E. d. S. M. R. Indonesia, PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBERDAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 04 TAHUN 2009, Jakarta, 2009.
 9. P. F. Z. Ermawatii, "PERBANDINGAN SOLUSI NUMERIK INTEGRAL LIPAT DUA PADA FUNGSI ALJABAR DENGAN METODE ROMBERG DAN SIMULASI MONTE CARLO," JURNAL MSA, vol. 5, p. 1, 2017.
 10. Y. P. Wibisino, "SIMULASI SISTEM OTOMATISASI KEAMANAN GERBANG MENGGUNAKAN METODE RFID SEBAGAI KUNCI PEMBUKA PADA SMART HOME DILENGKAPI PROTOKOL KESEHATAN BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DAN TELEGRAM," Universitas Diponegoro, Semarang, 2021.