

Kaji Eksperimental Alat Instrumentasi dan Kendali pada Level Air untuk On Off dengan Programmable Logic Controller (PLC)

Valencio Boham¹, Herotje Siwi², Jeditjah N.T. Papia³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ valenciob4@gmail.com

No. Hp: ¹ 082195213651

Abstrak

Pengendalian level cairan merupakan faktor penting dalam berbagai proses industri seperti pengolahan air, kimia, farmasi, dan manufaktur untuk menjamin efisiensi, keselamatan, dan kualitas produk. Salah satu teknologi yang umum digunakan adalah Programmable Logic Controller (PLC) karena fleksibilitas, keandalan, dan kemudahan integrasinya dengan sistem otomatisasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji alat instrumentasi dan kendali level cairan berbasis PLC dengan metode on-off control menggunakan sensor elektroda. Proses penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, pemilihan komponen, perakitan, pemrograman PLC menggunakan diagram ladder, serta pengujian kinerja sistem. Perangkat yang dikembangkan terdiri dari tangki utama, pompa, sensor elektroda pada tiga titik (tinggi, sedang, rendah), rangkaian input-output PLC, dan relay driver. Pengujian dilakukan dalam dua tahap: pertama, pengujian sensor secara langsung tanpa PLC untuk mengetahui akurasi dan waktu respon; kedua, pengujian sistem terintegrasi untuk mengevaluasi kinerja kendali otomatis. Hasil menunjukkan bahwa sensor elektroda mampu mendeteksi level cairan dengan akurasi 100% pada air bersih dengan waktu respon kurang dari 1 detik. Sistem terintegrasi dengan PLC bekerja sesuai logika on-off yang diprogram, mampu mempertahankan level cairan pada batas yang diinginkan tanpa intervensi manual, serta beroperasi stabil pada pengujian berulang tanpa kesalahan pembacaan sensor maupun kegagalan pengendalian. Kesimpulan penelitian ini adalah sistem instrumentasi dan kendali level cairan berbasis PLC dengan sensor elektroda terbukti efektif, responsif, dan andal, serta berpotensi diterapkan pada industri skala kecil hingga menengah dengan modifikasi minimal, dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk kendali yang lebih kompleks seperti Proportional-Integral-Derivative (PID) atau integrasi dengan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

Kata Kunci – Instrumentasi, Kendali Level Cairan, PLC, Sensor Elektroda, Sistem Otomatis

Experimental Study of Instrumentation and Control Devices on Water Level for On Off with Programmable Logic Controller (PLC)

Abstract

Liquid level control is an important factor in various industrial processes such as water treatment, chemical, pharmaceutical, and manufacturing to ensure efficiency, safety, and product quality. One commonly used technology is the Programmable Logic Controller (PLC) due to its flexibility, reliability, and ease of integration with automation systems. This research aims to design, build, and test a PLC-based liquid level control and instrumentation tool with an on-off control method using electrode sensors. The research process includes literature study, system design, component selection, assembly, PLC programming using ladder diagrams, and system performance testing. The developed device consists of a main tank, a pump, electrode sensors at three points (high, medium, low), a PLC input-output circuit, and a relay driver. The testing was carried out in two stages: first, direct sensor testing without a PLC to determine accuracy and response time; second, integrated system testing to evaluate automatic control performance. The results show that the electrode sensor is able to detect liquid levels with 100% accuracy in clean water with a response time of less than 1 second. The integrated system with PLC works according to the programmed on-off logic, is able to maintain the liquid level at the desired limit without manual intervention, and operates stably in repeated tests without sensor reading errors or control failures. The conclusion of this study is that the PLC-based liquid level instrumentation and control system with electrode sensors is proven to be effective, responsive, and reliable, and has the potential to be applied to small to medium-scale industries with minimal modifications, and can be further developed for more complex controls such as Proportional-Integral-Derivative (PID) or integration with Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

Keywords – Instrumentation, Liquid Level Control, PLC, Electrode Sensor, Automated System

PENDAHULUAN

Pengendalian level cairan merupakan salah satu aspek penting dalam berbagai sektor industri, termasuk pengolahan air, industri kimia, farmasi, dan manufaktur. Ketepatan dalam menjaga level cairan tidak hanya berpengaruh pada efisiensi proses, tetapi juga pada keselamatan kerja dan kualitas produk akhir. Kegagalan dalam pengendalian level cairan dapat menyebabkan kerusakan peralatan, pemborosan sumber daya, bahkan membahayakan keselamatan pekerja. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali yang andal, presisi, dan mampu bekerja secara otomatis.

Salah satu teknologi yang telah banyak digunakan dalam otomasi industri adalah *Programmable Logic Controller (PLC)*. PLC menawarkan fleksibilitas, ketahanan, dan kemudahan pemrograman sehingga dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan proses industri. Dalam pengendalian level cairan, PLC dapat diintegrasikan dengan sensor level untuk memantau kondisi secara real-time dan mengendalikan aktuator seperti pompa secara otomatis.

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas penggunaan PLC dalam sistem kendali level cairan. Misalnya, penelitian oleh Indriani et al. [9] memanfaatkan mikrokontroler ATmega 8535 untuk mengendalikan suhu air laut skala kecil, sementara penelitian Warokka dan Sirun [10] berfokus pada pembuatan briket dengan sistem kontrol proses pirolisis. Namun, penelitian ini memiliki pembeda pada penerapan PLC sebagai pusat kendali yang diintegrasikan dengan sensor elektroda untuk metode *on-off control*, yang diharapkan memberikan kecepatan respon tinggi dan keandalan yang konsisten.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sebuah alat instrumentasi dan kendali level cairan berbasis PLC dengan sensor elektroda. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan terjangkau untuk industri skala kecil hingga menengah, dengan potensi pengembangan lebih lanjut menuju sistem kendali yang lebih kompleks seperti *Proportional-Integral-Derivative* (PID) atau integrasi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA).

Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terkait sistem kendali level cairan telah dilakukan dengan memanfaatkan teknologi otomasi, baik berbasis mikrokontroler maupun PLC. Indriani et al. [9] melakukan penelitian mengenai pengendalian suhu air laut skala kecil menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. Sistem yang dikembangkan mampu mempertahankan suhu air secara stabil sesuai setpoint, meskipun belum memanfaatkan PLC sebagai pengendali utama. Penelitian Warokka dan Sirun [10] berfokus pada pembuatan briket dengan sistem kontrol proses pirolisis menggunakan sensor suhu dan kelembapan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi sensor dengan sistem kendali otomatis dapat meningkatkan efisiensi proses produksi.

Penelitian lain oleh Pandi et al. [11] mengembangkan sistem pengendalian level air berbasis PLC tipe Siemens S7-200 dengan sensor pelampung. Sistem ini berhasil mengatur level air dalam tangki dengan respon yang cukup cepat, namun sensor pelampung memiliki keterbatasan pada ketahanan mekanis dan akurasi dibandingkan sensor elektroda. Sementara itu, Rondonuwu [12] melakukan kajian implementasi PLC untuk sistem pengisian dan pengosongan tangki air dengan logika *on-off*. Sistem ini bekerja dengan baik, tetapi pengujian masih terbatas pada kondisi laboratorium tanpa variasi beban yang signifikan.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa penggunaan PLC dalam pengendalian level cairan memberikan hasil yang baik, namun masih terdapat peluang pengembangan, khususnya pada pemilihan jenis sensor untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem. Penelitian ini menawarkan inovasi dengan menggunakan sensor elektroda yang memiliki respon cepat, bebas dari komponen mekanis yang aus, serta mudah dalam perawatan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan performa sistem kendali level cairan berbasis PLC.

PLC

PLC adalah perangkat kendali digital yang dirancang untuk mengotomatisasi proses industri dengan keandalan tinggi. PLC memproses sinyal masukan dari sensor, mengolahnya sesuai logika, dan memberikan keluaran untuk mengendalikan aktuator [1]. Keunggulan PLC antara lain fleksibilitas pemrograman, ketahanan terhadap lingkungan industri, dan kemudahan integrasi dengan perangkat otomatisasi lainnya [2]. Pada penelitian ini, PLC digunakan sebagai pengendali utama sistem level cairan dengan metode *on-off control*.



Gambar 1. PLC

Sensor Level Elektroda

Sensor level elektroda bekerja berdasarkan prinsip konduktivitas listrik cairan. Sistem ini menggunakan beberapa batang elektroda yang dipasang pada ketinggian berbeda di dalam tangki untuk mendeteksi posisi permukaan cairan [3]. Ketika cairan menyentuh elektroda, rangkaian akan menutup dan menghasilkan sinyal masukan ke PLC. Keunggulan sensor elektroda meliputi ketahanan mekanis, respon cepat, dan kemudahan perawatan, sehingga cocok untuk aplikasi industri yang memerlukan deteksi level cairan secara presisi [4].



Gambar 2. Sensor Elektroda Lilin

Rangkaian Relay Driver

Relay driver adalah rangkaian penguat arus yang digunakan untuk mengaktifkan *relay* dari sinyal keluaran PLC yang umumnya memiliki arus terbatas. Dengan adanya *relay driver*, PLC dapat mengendalikan beban seperti pompa atau motor listrik dengan aman [5]. Rangkaian ini biasanya terdiri dari transistor, dioda pelindung, dan *relay* itu sendiri [6].



Gambar 3. Relay OMRON 24V

Sistem On-Off Control

Metode *on-off control* adalah sistem kendali sederhana yang bekerja dengan menghidupkan atau mematikan aktuator berdasarkan batas bawah (*low level*) dan batas atas (*high level*) yang telah ditentukan [7]. Meskipun sederhana, metode ini efektif untuk aplikasi yang tidak memerlukan presisi tinggi dan lebih mengutamakan kestabilan operasi [8].



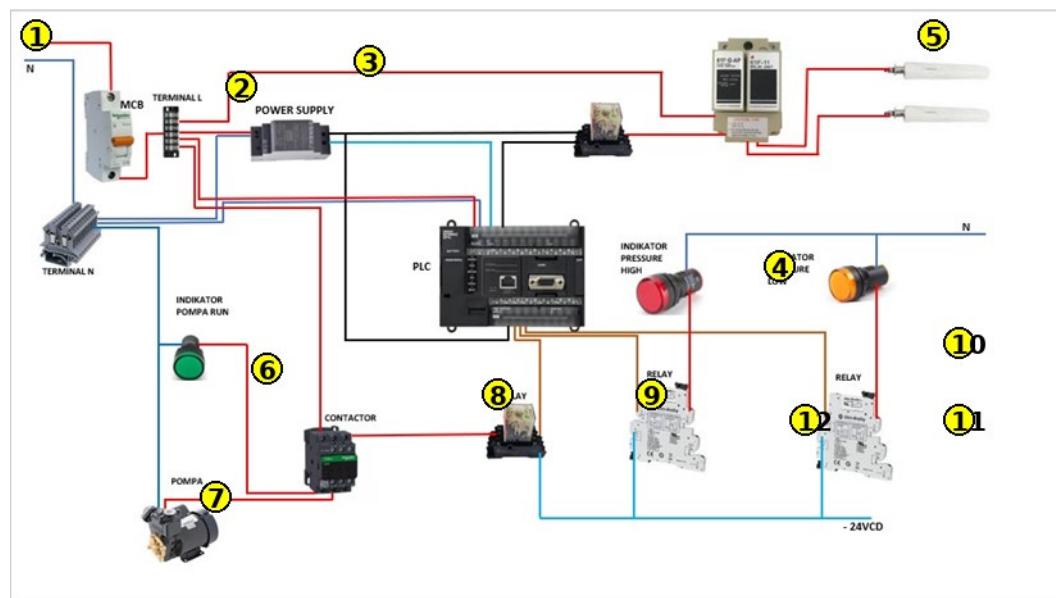
Gambar 4. Water level control (WLC) OMRON 61F-G-AP

Skema Alur Sistem Kontrol

Skema alur sistem kontrol menunjukkan proses kerja mulai dari deteksi level air oleh sensor elektroda hingga pengendalian pompa melalui PLC. Sensor mendeteksi tiga kondisi level (rendah, sedang, tinggi) dan mengirimkan sinyal ke PLC untuk diproses dengan logika *on-off control* [10]. Output PLC kemudian mengaktifkan atau mematikan pompa melalui rangkaian *relay driver* sesuai kondisi level cairan [11].

Keterangan Komponen:

1. MCB
2. Terminal L/N
3. Power Supply
4. PLC
5. Sensor Elektroda
6. Indikator Pompa Run
7. Pompa
8. Contactor
9. Relay Driver
10. Indikator Pressure High
11. Indikator Pressure Low
12. Relay Driver



Gambar 5. Skema Alur Sistem Kontrol

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi, meliputi perancangan, pembuatan, pemrograman, dan pengujian sistem. Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan informasi dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu terkait sistem kendali level cairan, PLC, sensor elektroda, dan metode *on-off control* sebagai dasar perancangan sistem.

2. Perancangan Sistem

Menyusun diagram blok sistem yang terdiri dari tiga bagian utama: input (sensor elektroda), proses (PLC), dan output (pompa melalui *relay driver* dan contactor). Rancangan juga mencakup pemilihan komponen berdasarkan spesifikasi kebutuhan sistem.

3. Perakitan Perangkat Keras

Meliputi pemasangan sensor elektroda pada tangki uji, penyambungan kabel input-output PLC, pembuatan rangkaian *relay driver*, serta instalasi pompa dan indikator.

4. Pemrograman PLC

PLC diprogram menggunakan bahasa *ladder diagram* dengan logika *on-off control*, di mana pompa aktif ketika level cairan di bawah batas rendah dan berhenti ketika mencapai batas tinggi.

5. Pengujian Sistem

Dilakukan dalam dua tahap:

- Pengujian sensor tanpa PLC untuk memverifikasi akurasi deteksi level cairan.
- Pengujian sistem terintegrasi dengan PLC untuk mengevaluasi kinerja kendali otomatis. Parameter yang diukur meliputi waktu respon, akurasi deteksi, dan kestabilan operasi.

6. Analisis Hasil

Data hasil pengujian dianalisis untuk menilai kecepatan respon sensor, keandalan sistem, dan kesesuaian kinerja dengan tujuan perancangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem instrumentasi dan kendali level cairan berbasis PLC yang dirancang terdiri dari sensor elektroda sebagai input, PLC sebagai pusat kendali, dan pompa yang dikendalikan melalui *relay driver* dan contactor sebagai output. Setelah proses perakitan dan pemrograman selesai, dilakukan pengujian untuk menilai kinerja sensor dan sistem terintegrasi.

1. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan tanpa PLC untuk mengukur kemampuan deteksi level cairan. Hasil menunjukkan bahwa sensor elektroda dapat mendeteksi kondisi

rendah, sedang, dan tinggi dengan akurasi 100% pada air bersih. Waktu respon rata-rata kurang dari 1 detik, menunjukkan kecepatan deteksi yang sangat baik.

2. Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan PLC yang diprogram menggunakan logika *on-off control*. Sistem mampu mengaktifkan pompa ketika level cairan di bawah batas rendah dan memamatkannya ketika mencapai batas tinggi sesuai program ladder. Selama pengujian berulang, sistem menunjukkan kestabilan operasi, tidak terjadi kesalahan pembacaan sensor, dan tidak ada kegagalan pengendalian pompa.

3. Pembahasan

Keberhasilan sensor elektroda dalam mendeteksi level cairan secara konsisten membuktikan keandalan teknologi konduktivitas dalam aplikasi ini. Integrasi dengan PLC memberikan kecepatan respon tinggi dan otomatisasi penuh tanpa memerlukan intervensi manual. Dibandingkan dengan metode konvensional seperti *float switch*, penggunaan sensor elektroda mengurangi risiko kerusakan mekanis dan meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, metode *on-off control* yang digunakan cukup efektif untuk menjaga level cairan dalam rentang yang diinginkan, meskipun untuk aplikasi yang memerlukan kontrol presisi tinggi dapat dipertimbangkan pengembangan ke metode *PID control* atau integrasi *SCADA*.

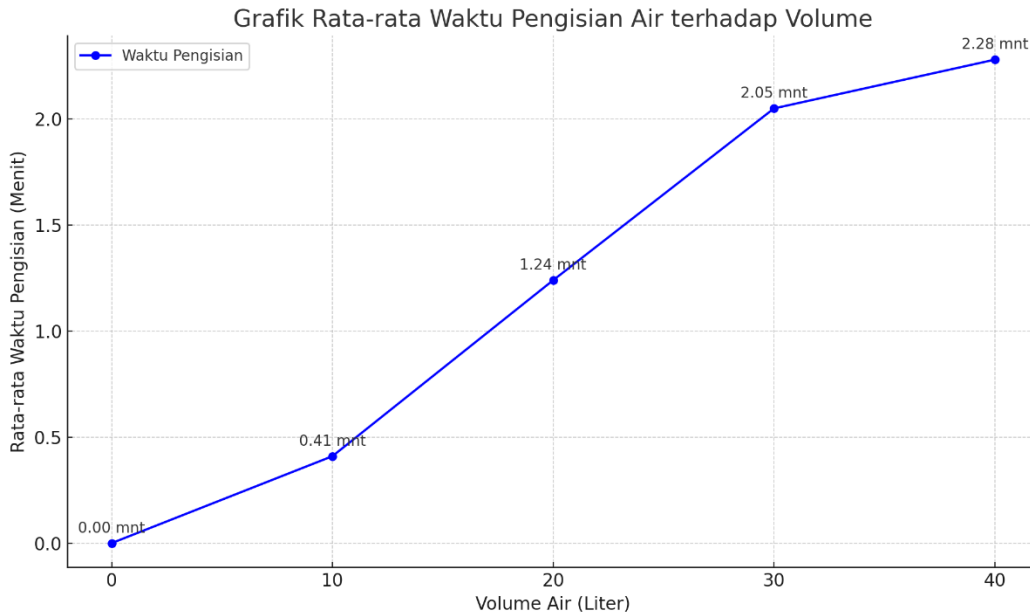
Data Hasil

Pengujian sensor dilakukan tanpa PLC untuk mengukur kemampuan deteksi level cairan. Hasil menunjukkan bahwa sensor elektroda dapat mendeteksi kondisi rendah, sedang, dan tinggi dengan akurasi 100% pada air bersih. Waktu respon rata-rata kurang dari 1 detik, menunjukkan kecepatan deteksi yang sangat baik.

Tabel ini menunjukkan hasil pengujian sensor elektroda dalam mendeteksi level cairan pada tiga titik pengukuran (rendah, sedang, tinggi). Parameter yang diukur meliputi akurasi deteksi dan waktu respon.

Tabel 1 Hasil pengujian rata-rata

Kapasitas Air	Volume Air (L)	Rata-rata Waktu Pengisian (Menit)
Kosong	0	0,00 menit
1/4 Kapasitas	10	0,41 menit
1/2 Kapasitas	20	1,24 menit
3/4 Kapasitas	30	2,05 menit
Penuh	40	2, 28 menit



Gambar 6. Grafik pengujian rata-rata

Titik-titik pada grafik:

- Kosong (0 L): Waktu pengisian = 0,00 menit (titik awal).
- 1/4 Kapasitas (10 L): Waktu pengisian rata-rata = 0,41 menit.
- 1/2 Kapasitas (20 L): Waktu pengisian rata-rata = 1,24 menit.
- 3/4 Kapasitas (30 L): Waktu pengisian rata-rata = 2,05 menit.

Penuh (40 L): Waktu pengisian rata-rata = 2,28 menit, menunjukkan bahwa tambahan 10 liter terakhir hanya memerlukan waktu ~0,23 menit, lebih cepat dibandingkan tahap sebelumnya.

Pembahasan

Keberhasilan sensor elektroda dalam mendeteksi level cairan secara konsisten membuktikan keandalan teknologi konduktivitas dalam aplikasi ini. Integrasi dengan PLC memberikan kecepatan respon tinggi dan otomatisasi penuh tanpa memerlukan intervensi manual. Dibandingkan dengan metode konvensional seperti *float switch*, penggunaan sensor elektroda mengurangi risiko kerusakan mekanis dan meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, metode *on-off control* yang digunakan cukup efektif untuk menjaga level cairan dalam rentang yang diinginkan, meskipun untuk aplikasi yang memerlukan kontrol presisi tinggi dapat dipertimbangkan pengembangan ke metode *PID control* atau integrasi *SCADA*. Contoh **tata letak** dan penulisan **nomor** urutan gambar dan **nama** gambar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian, sistem instrumentasi dan kendali level cairan berbasis PLC dengan sensor elektroda berhasil bekerja sesuai tujuan penelitian. Sensor elektroda mampu mendeteksi tiga level cairan (rendah, sedang, tinggi) dengan akurasi 100% dan waktu respon kurang dari 1 detik. Sistem terintegrasi dengan PLC dan metode *on-off control* dapat mengatur pompa secara otomatis untuk menjaga level cairan dalam batas yang diinginkan tanpa intervensi manual. Sistem juga menunjukkan kestabilan operasi pada pengujian berulang tanpa kesalahan pembacaan sensor maupun kegagalan kendali pompa.

SARAN

1. Penggunaan sensor elektroda dapat dikombinasikan dengan metode kendali yang lebih presisi, seperti *Proportional-Integral-Derivative* (PID).
2. Integrasi sistem dengan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dapat meningkatkan kemampuan monitoring jarak jauh.
3. Pengujian lebih lanjut disarankan dilakukan pada kondisi air dengan konduktivitas rendah atau cairan selain air bersih untuk menguji fleksibilitas sensor.

REFERENSI

- [1] Bolton, W., Programmable Logic Controllers, 6th ed., Newnes, 2015.
- [2] Groover, M.P., Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, 4th ed., Pearson, 2016.
- [3] Bentley, J.P., Principles of Measurement Systems, 4th ed., Pearson Education, 20015.
- [4] Omega Engineering, "Conductivity Level Sensors – Principles of Operation," Technical Note, 2018.
- [5] Malvino, A.P., Electronic Principles, 7th ed., McGraw-Hill, 20017.
- [6] Boylestad, R., Introductory Circuit Analysis, 12th ed., Pearson, 2016.
- [7] Ogata, K., Modern Control Engineering, 5th ed., Prentice Hall, 2016.
- [8] Kuo, B.C., Automatic Control Systems, 9th ed., Wiley, 2018.
- [9] Indriani, D., Lumenta, A.S.M., dan Rindengan, Y.D.Y., "Pengendalian Suhu Air Laut Skala Kecil Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Politeknik Negeri Manado, 2019.
- [10] Warokka, J., dan Sirun, S., "Sistem Kontrol Proses Pirolisis dalam Pembuatan Briket," Jurnal Teknologi Industri, Politeknik Negeri Manado, 2020.
- [11] Pandi, A., Monintja, J.R., dan Lumenta, A.S.M., "Pengendalian Level Air Berbasis PLC Siemens S7-200," Jurnal Otomasi Industri, Universitas Sam Ratulangi, 2018.
- [12] Rondonuwu, H., "Implementasi PLC untuk Sistem Pengisian dan Pengosongan Tangki Air," Jurnal Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi, 2017.