



**SISTEM MONITORING PENGUKUR KETINGGIAN ZAT CAIR PADA HASIL
KROMATOGRAFI KOLOM MENGGUNAKAN HC-SR04 YANG DIMODIFIKASI**

SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

NOVAL SALAHUDDIN AL-AYYUBI

NPM. 21501053020

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
MALANG**

2022

ABSTRAKSI

Noval Salahuddin Al-Ayyubi. 21501053020. *Sistem Monitoring Pengukur Ketinggian Zat Cair pada Hasil Kromatografi Kolom Menggunakan HC-SR04 yang Dimodifikasi*. Pembimbing I: M. Taqijuddin A.. Pembimbing II: Sugiono. Teknik Elektro. Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.

Proses kromatografi kolom digunakan untuk melakukan pemisahan bahan kimia tunggal dari sebuah campuran. Campuran tersebut akan bergerak dalam kolom pada kecepatan yang berbeda, sehingga akan terbagi dalam beberapa bagian. Oleh karena itu, proses kromatografi kolom sangat penting dalam dunia farmasi, kimia, dan kedokteran. Saat ini, kebanyakan proses kromatografi menggunakan cara penakaran manual. Hal ini membutuhkan ketelitian tinggi agar hasil dari kromatografi tersebut tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Karena proses kromatografi memakan waktu yang relatif lama, maka operator yang mengawasi penakaran tersebut harus menjaga secara terus menerus. Hal ini meningkatkan risiko hasil kromatografi melebihi batas, mengingat pekerjaan yang terlalu lama bisa menurunkan konsentrasi operator.

Penelitian ini berfokus pada pembangunan sebuah perangkat purwarupa untuk mengatur secara otomatis volume zat cair yang dialirkan pada tabung hasil proses kromatografi kolom, yang akan dikembangkan menggunakan mikrokontroler, sensor ultrasonik, dan katup elektronik. Karena ukuran sensor ultrasonik HC-SR04 terlalu besar sehingga tidak dapat melakukan penginderaan pada tabung yang tersedia, maka penelitian ini juga berfokus pada modifikasi sensor tersebut agar mampu beroperasi pada tabung berdiameter kecil.

Dari pembangunan perangkat, modifikasi sensor ultrasonik HC-SR04, dan proses pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa tabung yang dapat digunakan memiliki diameter minimum 4,0 cm. Nilai akurasi pengendalian ketinggian zat cair hasil kromatografi pada tabung didapatkan maksimal sebesar $\pm 50 \text{ cm}^3$, dan mampu menghentikan alirannya tanpa tumpah secara otomatis dengan jarak permukaan minimal dari mulut tabung sebesar 1,0 cm.

Kata kunci : kromatografi kolom, sistem kendali, pengendali ketinggian zat cair, sensor ultrasonik.

ABSTRACT

Noval Salahuddin Al-Ayyubi. 21501053020. *Measurement Monitoring System of Column Chromatography Fluid Surface Height Using Modified HC-SR04.* Academic Supervisor I: M. Taqijuddin A. Academic Supervisor II: Sugiono. Electrical Engineering Department. Faculty of Engineering, University of Islam Malang.

Column chromatography is used to separate a single chemical from a mixture. The mixture will move in the column at different speeds, so it will be divided into several parts. Therefore, the column chromatography process is very important in the world of pharmacy, chemistry, and medicine. Currently, most chromatographic processes use manual measurement. It requires high accuracy so that the results of the chromatography do not exceed the specified limits. Since the chromatographic process takes a relatively long time, the operator who supervises the measurement must maintain it continuously. It increases the risk of chromatographic results exceeding the limit, considering that prolonged work can reduce operator concentration.

This research focuses on the development of a prototype device to automatically adjust the volume of liquid flowing in the tube resulting from the column chromatography process, which will be developed using a microcontroller, ultrasonic sensor, and electronic valve. Because the size of the ultrasonic ranging sensor HC-SR04 is too large so that it cannot perform sensing on the available tubes, this research also focuses on modifying the sensor to be able to operate on small diameter tubes.

From the development of the device, modification of the ultrasonic sensor HC-SR04, and the testing process that has been carried out, it is found that the tube that can be used has a minimum diameter of 4.0 cm. The value of the accuracy of controlling the height of the liquid chromatographic results in the tube is obtained a maximum of $\pm 50 \text{ cm}^3$, and is able to stop the flow automatically without spilling with a minimum surface distance of 1.0 cm from the tube top end.

Keywords : column chromatography, control system, surface height of fluid, ultrasonic ranging sensor.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kromatografi kolom merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melakukan pemisahan bahan kimia tunggal dari sebuah campuran. Kromatografi dapat dilakukan untuk memisahkan substansi majemuk berdasarkan perbedaan penyerapan campuran terhadap cairan penyerap. Campuran tersebut akan bergerak dalam kolom pada kecepatan yang berbeda, sehingga akan terbagi dalam beberapa bagian. Oleh karena itu, proses kromatografi kolom sangat penting dalam dunia farmasi, kimia, dan kedokteran.

Saat ini, kebanyakan proses kromatografi menggunakan tenaga manusia, yaitu dengan cara melakukan penakaran manual. Hal ini membutuhkan ketelitian tinggi agar hasil dari kromatografi tersebut tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Karena proses kromatografi memakan waktu yang relatif lama, maka operator yang mengawasi penakaran tersebut harus menjaga secara terus menerus. Hal ini meningkatkan risiko hasil kromatografi melebihi batas, mengingat pekerjaan yang terlalu lama bisa menurunkan konsentrasi operator.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sistem otomatisasi untuk menjaga hasil kromatografi dalam batas yang ditentukan tanpa harus dijaga terus menerus. Dalam hal ini, sebuah purwarupa perangkat sistem kendali akan dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler, sensor ultrasonik, dan katup elektronik guna mengendalikan volume hasil proses kromatografi kolom dalam sebuah tabung. Volume cairan dalam sebuah tabung akan berkolerasi dengan

ketinggian cairannya, jika diameter tabung tersebut diketahui. Dengan demikian, sebuah sensor ketinggian menggunakan teknik *time of flight* dari gelombang suara ultrasonik dapat digunakan dalam kasus ini. Mikrokontroler digunakan untuk mengambil keputusan pembukaan atau penutupan katup solenoid yang dapat mengendalikan aliran zat cair yang berasal dari proses kromatografi, berdasarkan nilai *time of flight* dari sensor ultrasonik yang terpasang.

Kesulitan utama adalah ukuran sensor ultrasonik dengan jenis HC-SR04 yang terlalu besar sehingga tidak dapat melakukan penginderaan pada tabung yang tersedia. Hal ini menjadi sebuah tantangan untuk melakukan modifikasi pada sensor ultrasonik tersebut sehingga bisa berfungsi sebagaimana mestinya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan dapat membantu menjaga ketelitian volume zat cair dari hasil proses kromatografi kolom yang berlangsung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas yang telah ditulis sebelumnya maka pada penelitian ini memiliki beberapa permasalahan yang akan diteliti:

1. Bagaimana membangun sistem otomatisasi untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom.
2. Bagaimana melakukan modifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 sehingga dapat berfungsi dalam tabung dengan diameter kecil dan merancang sebuah purwarupa otomatis untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom.
3. Bagaimana menguji perangkat purwarupa hasil rancangan tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perancangan sistem otomatisasi untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom.
2. Melakukan modifikasi pada sensor ultrasonik HC-SR04 agar dapat berfungsi dalam sebuah tabung dengan diameter berukuran kecil.
3. Melakukan perancangan sebuah perangkat purwarupa otomatis untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom.
4. Melakukan pengujian efektivitas perangkat purwarupa otomatis untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom yang telah dikembangkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 yang tertanam pada papan Arduino Uno R3.
2. Tabung yang digunakan untuk menampung zat cair hasil proses kromatografi kolom memiliki diameter bagian dalam antara 4,0 cm hingga 8,0 cm serta ketinggian antara 8,0 cm hingga 11,5 cm.
3. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah HC-SR04. Sensor ini yang akan dimodifikasi sehingga ukurannya dapat menyesuaikan pada bagian dalam tabung dengan diameter dalam minimum 4,0 cm.
4. Metode pengendalian ketinggian zat cair dalam tabung adalah dengan menggunakan katup solenoid (*solenoid valve*). Dengan demikian zat cair

hasil proses kromatografi kolom mengalir dalam sebuah selang dari satu ketinggian tertentu (metode gravitasi).

1.5 Metodologi Penulisan

Sebagai metodologi yang digunakan, berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi Literatur

Pada langkah pertama dilakukan pengumpulan literatur dari buku, *e-book*, jurnal, dan beberapa laporan hasil penelitian. Hasil penelitian terdahulu dikumpulkan untuk dianalisis tentang topik, proses, dan hasilnya agar bisa menentukan arah penelitian ini. Teori-teori pendukung didapatkan dari literatur yang ada untuk menyusun gambaran umum penelitian sehingga menghasilkan sebuah hipotesis.

2. Perumusan Masalah

Pada langkah ini dilakukan perumusan masalah sesuai dengan kondisi, tantangan, kelemahan, dan kekurangan yang ada sebelumnya berdasarkan referensi yang telah dikumpulkan.

3. Perancangan Sistem Kendali

Pada bagian ini dilakukan perancangan sistem yang akan dibuat secara umum. Perilaku sistem akan dirancang sehingga mampu bereaksi pada masukan yang diinginkan. Semua masukan diatur sehingga mampu berinteraksi dengan sistem dan menghasilkan nilai keluaran yang *valid*. Pada bagian ini dilakukan perancangan sistem kendali berdasarkan susunan aturan yang diberikan oleh operator, kemudian diolah menurut

kaidah-kaidah tertentu, dan pola keluaran yang bisa diterapkan pada perangkat.

4. Perancangan dan Pembuatan Perangkat

Pada bagian ini dilakukan perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak pendukungnya berdasarkan hasil rancangan sistem kendali. Setelah itu dilakukan beberapa langkah pembuatan berurutan sebagai berikut:

- 4.1. Kerangka dan penutup fisik perangkat keras;
- 4.2. Rangkaian elektronik pengendali;
- 4.3. Perangkat lunak pengendali; dan
- 4.4. Integrasi rangkaian elektronik pengendali di dalam perangkat keras.

5. Pengujian Perangkat

Pada bagian ini dilakukan pengujian pada perangkat keras yang dikembangkan untuk mengetahui performanya. Kemudian dilakukan pengambilan data sesuai dengan beberapa parameter pengujian yang disediakan. Data yang telah diambil untuk digunakan pada langkah berikutnya.

6. Analisis Hasil Pengujian

Pada bagian ini, data yang telah diambil dengan berbagai parameter dianalisis untuk mendapatkan indikator keberhasilan dari penelitian.

7. Kesimpulan

Sebagai langkah terakhir, rekomendasi yang didapatkan beserta hasil uji perangkat akan dipakai sebagai kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan dalam skripsi ini menggunakan sistematika yang meliputi struktur sebagai berikut:

1. Bab 1, Pendahuluan

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2, Tinjauan Pustaka

Dasar teori yang berisi konsep yang dijadikan landasan dan pendukung dalam penelitian.

3. Bab 3, Metodologi Penelitian dan Rancangan

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian, perancangan dalam penelitian, perancangan purwarupa, dan analisis rancangan.

4. Bab 4, Hasil dan Pembahasan

Evaluasi hasil uji coba dari metode penelitian.

5. Bab 5, Penutup

5.1. Menyimpulkan hasil dari pembahasan.

5.2. Saran-saran.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis pada penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Sistem otomatisasi untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom terbukti bisa diwujudkan dengan menggunakan sensor jarak ultrasonik dan kesimpulan yang di dapat dari pengujian sistem otomatisasi telah berjalan sesuai yang di harapkan
2. Modifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 telah dilakukan dengan cara mendekatkan *transmitter* dengan *receiver* dari jarak terluar sebelumnya sebesar 4,17 cm menjadi 3,38 cm, sehingga dapat berfungsi pada tabung dengan diameter kecil hingga ukuran 4,0 cm dan Sebuah purwarupa otomatis untuk monitoring ketinggian zat cair dari hasil proses kromatografi kolom telah berhasil dibangun dalam dimensi 18×18×20 cm, menggunakan komponen utama mikrokontroler, sensor jarak ultrasonik yang dimodifikasi, dan katup solenoid. Kesimpulan yang di dapat berjalan sesuai yang diharapkan.
3. Pengujian perangkat purwarupa hasil rancangan tersebut menghasilkan nilai akurasi pengendalian ketinggian zat cair hasil kromatografi pada tabung maksimal sebesar $\pm 50 \text{ cm}^3$, dan mampu menghentikan alirannya tanpa tumpah dengan jarak permukaan minimal dari mulut tabung sebesar 1,0 cm. Sensor jarak ultrasonik yang dimodifikasi dapat

digunakan pada sistem ini, namun perlu ditunjang dengan tambahan sensor dengan metode lainnya untuk memperbaiki akurasi ketinggian permukaan zat cair pada tabung. Kesimpulan dari pangujian perangkat purwarupa telah berjalan dengan baik.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan dari penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian berikutnya diharapkan ada penggabungan sensor jarak ultrasonik dengan sensor metode lainnya agar didapatkan nilai akurasi pengendalian ketinggian zat cair hasil kromatografi yang lebih baik.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan ada pengembangan bagian penyangga tabung penampung zat cair hasil kromatografi untuk bisa menekan kemungkinan tumpahnya cairan pada perangkat karena posisi tabung yang di luar jangkauan katup solenoid.
3. Pada penelitian berikutnya diharapkan ada pengembangan sensor untuk mendeteksi keberadaan dan ketinggian tabung secara otomatis, sehingga mampu menekan lebih jauh kemungkinan tumpahnya cairan karena tidak adanya tabung atau dimensi yang tidak sesuai dengan *preset* yang dimasukkan oleh operator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ulumuddin, M. Sudrajat, T. Rachmildha, N. Ismail dan E. Hamidi, "Prototipe Sistem Monitoring Air pada Tangki Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor Ultrasonik," dalam *Seminar Nasional Teknik Elektro*, Bandung, 2017.
- [2] A. Alawiyah dan A. R. Al Tahtawi, "Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik," *Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 25-30, 2017.
- [3] A. Amin, "Monitoring Water Level Control Berbasis Arduino Uno Menggunakan LCD LM016L," *EEICT*, vol. 1, no. 1, pp. 41-52, 2018.
- [4] S. Halim, B. Poerwanto, I. Muis dan F. Susilawati, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Arduino dan SMS Gateway Sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini (Mitigasi Banjir)," dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, Medan, 2019.
- [5] N. Pratama, U. Darusalam dan N. D. Nathasia, "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, pp. 117-123, 2020.
- [6] Z. Vukić, L. Kuljača, D. Đonlagić and S. Tešnjak, *Nonlinear Control Systems*, New York: Marcel Dekker, 2003.
- [7] W. J. Terrell, *Some Fundamental Control Theory I: Controllability, Observability, and Duality*, *The American Mathematical Monthly*, 2004, pp. 705-719.
- [8] K. Ogata, *Discrete-Time Control Systems*, New York: Prentice-Hall, 2006.
- [9] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Discrete-Time Signal Processing*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1999.
- [10] K. V. Cartwright, P. Russell and E. J. Kaminsky, "Finding the maximum magnitude response (gain) of second-order filters without calculus," *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, vol. 6, no. 4, pp. 559-565, 2012.
- [11] T. Finch, "Incremental calculation of weighted mean and variance," University of Cambridge, Cambridge, 2009.
- [12] S. Heath, *Embedded Systems Design*, Massachusetts: Newnes, 2003.
- [13] Arduino AG, "Arduino - Introduction," 15 7 2018. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>.
- [14] All About Circuits, "Flash ADC | Digital-Analog Conversion | Electronics

Textbook," 2018. [Online]. Available:
<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-13/flash-adc/>.
[Accessed 30 01 2021].

- [15] M. Banzi, *Getting Started with Arduino*, Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.
- [16] Atmel Corporation, "ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash Datasheet," Atmel Corporation, San Jose, 2015.
- [17] J. Yan, *Machinery Prognostics and Prognosis Oriented Maintenance Management*, Singapore: Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2015.
- [18] F.-G. Bănică, *Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications*, Chichester: Jon Wiley & Sons, 2012.
- [19] K. L. Ashley, *Analog Electronics with LabVIEW*, 1st ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Professional, 2002.
- [20] AllAboutCircuits.com, "How to Use Simple Converter Circuits," 15 11 2018. [Online]. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/utilization-of-simple-converters-circuits/>.
- [21] ElecFreaks, "Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 Product Features," ElecFreaks, Shenzhen, 2010.
- [22] Vishay Intertechnology, "LCD-020N004L Datasheet," Vishay Intertechnology, Malvern, 2012.
- [23] Shopee, "Solenoid Valve Electric Magnetic Water Air Normally Close 12V 0,5 inch NC | Shopee Indonesia," 2021. [Online]. Available: <https://shopee.co.id/Solenoid-Valve-Electric-Magnetic-Water-Air-Normally-Close-12V-0-5-inch-NC-i.55970586.1952947595>. [Accessed 30 01 2021].
- [24] Electronics Tutorials, "Unregulated Power Supply Design and Tutorial," 2021. [Online]. Available: <https://www.electronicstutorials.ws/blog/unregulated-power-supply.html>. [Accessed 30 01 2021].
- [25] S. Herman, *Industrial Motor Control*, Delmar: Delmar Cengage Learning, 2010.
- [26] Tutorials Point, "Control Systems - Introduction," 15 11 2018. [Online]. Available: https://www.tutorialspoint.com/control_systems/control_systems_introduction.htm.
- [27] T. Wiguna, A. Hidayatno dan T. Andromeda, "Pengukur Volume Zat Cair Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler AT89S51," Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.

- [28] U. M. Arief, "Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air," *Jurnal Ilmiah Elektrikal Enjiniring UNHAS*, vol. 9, no. 2, pp. 72-77, 2011.
- [29] R. Fikri, B. Lapanoro dan I. Jumarang, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web Service," *POSITRON*, vol. 5, no. 2, pp. 42-49, 2015.
- [30] A. Mulyani, "Perancangan Sensor Jarak Aman Kendaraan Bermotor Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Jurnal Algoritma*, vol. 15, no. 1, pp. 22-28, 2018.
- [31] Stack Exchange, "Control System - Series RC Circuit - Electrical Engineering Stack Exchange," 2016. [Online]. Available: <https://electronics.stackexchange.com/questions/248882/series-rc-circuit/248886>. [Accessed 30 01 2021].

