

RANCANG BANGUN *CHILLER* BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK EVAPORASI SENYAWA BAHAN ALAM

Ni Putu Rahayu Artini¹, I Made Agus Mahardiananta², I Made Aditya Nugraha³

^{1,2}Program Studi Teknik Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu Ilmu Kesehatan, Universitas Bali
Internasional

Jl. Seroja Gang Jeruk No. 9A, Denpasar, Indonesia

³Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang
Kementerian Kelautan dan Perikanan

Jl. Kupang Baru, Pelabuhan Ferry Bolok, Kupang Barat Nusa Tenggara Timur, Indonesia

e-mail: artinirahayu967@gmail.com¹, agusmahardiananta@iikmpbali.ac.id², made.nugraha@kpp.go.id³

Received : April, 2022	Accepted : April, 2022	Published : April, 2022
------------------------	------------------------	-------------------------

Abstract

Chemical analysis uses a variety of solvents based on their level of polarity, such as non-polar, semipolar, and polar solvents. The solvent is used in the extraction process, both liquid-liquid extraction and solid-liquid extraction. Common extractions carried out in the fields of chemistry, pharmacy and other health sciences are solid-liquid extraction using samples in the form of simplicia from plants that are dried so that they become simplicia. Simplicia extracted with solvent. Extraction is carried out to concentrate the active compound and separate the solvent, so that it can be reused. Concentration was carried out using a rotary evaporator. A chiller-based rotary evaporator, namely a microcontroller-based chiller, is designed to accelerate temperature reduction, so that the evaporation and condensation process with the condenser is faster. Based on the results of the study, it was concluded that the chiller that was made was able to reduce the temperature of the water connected to the condenser section of the rotary evaporator and the heat from the waterbath with the duration of decreasing the temperature in the inlet-outlet reservoir between 183 ± 2.88 seconds to 302 ± 2.52 seconds from a water bath temperature of 40-60°C.

Keywords: *chiller, evaporation, microcontroller*

Abstrak

Analisis kimia menggunakan berbagai macam pelarut berdasarkan tingkat kepolarannya, seperti pelarut non-polar, semipolar, dan polar. Pelarut tersebut dipergunakan dalam proses ekstraksi, baik ekstraksi cair-cair, maupun ekstraksi padat cair. Ekstraksi umum yang dilakukan pada bidang ilmu kimia, farmasi dan kesehatan lainnya adalah ekstraksi padat cair menggunakan sampel berupa simplisia dari tanaman yang dibuat kering sehingga menjadi simplisia. Simplisia diekstraksi dengan pelarut. Ekstraksi dilakukan untuk memekatkan senyawa aktif dan memisahkan pelarutnya, sehingga dapat dipergunakan kembali. Pemekatan dilakukan menggunakan alat rotary evaporator. Alat rotary evaporator berbasis pendingin, yaitu chiller berbasis mikrokontroler dirancang untuk mempercepat penurunan suhu, sehingga proses penguapan dan pengembunan dengan kondensor lebih cepat. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan chiller yang dibuat mampu menurunkan suhu air yang dihubungkan ke bagian kondensor rotary evaporator dan panas dari waterbath dengan lama penurunan suhu pada bak penampung inlet-outlet antara $183 \pm 2,88$ detik hingga $302 \pm 2,52$ detik dari suhu waterbath 40-60°C.

Kata Kunci: *chiller, evaporasi, mikrokontroler*

1. PENDAHULUAN

Kimia organik merupakan salah satu cabang ilmu kimia yang mempelajari tentang senyawa kimia yang berkaitan dengan struktur, sifat, komposisi, reaksi dan sintesis. Kimia organik lebih banyak penelitian yang berkaitan dengan mengekstraksi suatu senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan maupun hewan. Penggunaan kimia organik di berbagai bidang diantaranya, ekstraksi suatu senyawa baik secara panas maupun dingin dengan berbagai metode seperti teknik maserasi, soxhletasi, destilasi, dan perkolasi suatu bahan/senyawa yang bermanfaat atau bernilai tinggi, di bidang saintis [1][2][3][4].

Analisis kimia memiliki komponen pelarutan zat yang dibedakan menjadi dua yaitu pertama sampel adalah komponen utama yang akan dianalisis dan kedua yaitu pereaksi atau reagen adalah zat yang berperan dalam reaksi atau pelarut yang diterapkan dalam analisis kimia. Pelarut yang dipergunakan untuk mengekstraksi suatu senyawa ada berbagai macam tergantung dari tingkat polaritas suatu pelarut yang dibagi menjadi pelarut polar, semipolar, dan nonpolar [5]. Jenis pelarut yang dipergunakan untuk mengekstraksi suatu senyawa tersebut disesuaikan dengan sifat senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada bahan yang akan diekstraksi senyawa aktifnya [6][7]. Seperti metabolit sekunder jenis flavonoid, tannin, dan fenol umumnya diekstraksi dengan menggunakan pelarut polar seperti methanol dan etanol maupun campuran perbandingan methanol: etanol: air. Hasil ekstraksi kemudian akan dipisahkan untuk menjadi ekstrak kental [8][9].

Hasil ekstraksi suatu bahan alam dipisahkan dengan menggunakan alat *rotary evaporator*. Rotary evaporator adalah alat laboratorium yang berfungsi untuk mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari suatu larutan dari wujud cair menjadi uap yang akan berpindah ke labu cairan sehingga konsentrasi akan menjadi lebih pekat atau sesuai kebutuhan. Dalam proses evaporasi, larutan pekat merupakan produk yang diharapkan sebagai hasil, sedangkan uapnya dapat diperoleh kembali tanpa hilang, sehingga dapat

dipergunakan kembali untuk proses ekstraksi [5][10].

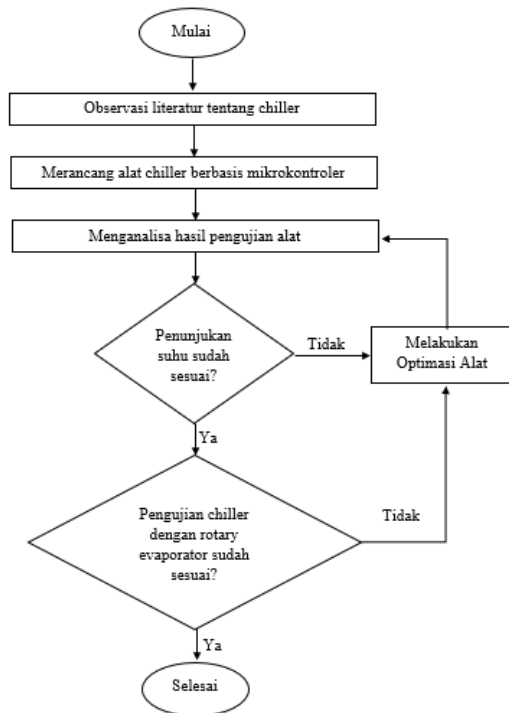
Proses yang terjadi pada alat *rotary evaporator* membuat pelarut yang dipergunakan untuk ekstraksi akan menguap karena panas, keluar dari labu alas bulat dan masuk ke dalam kondensor, kondensor akan menangkap dan mendinginkan uap, uap pelarut yang dingin akan mengalir dan tertampung pada labu penampung. Proses tersebut akan terus berlangsung hingga volume pelarut setara antara di labu alas bulat dengan labu penampung atau semua pelarut pada labu alas bulat telah berpindah ke labu penampung [11][12][13].

Kelemahan dari alat *rotary evaporator* yang ada di laboratorium selama ini adalah *chiller* untuk menampung air yang mengalir dari *inlet* dan *outlet*. *Chiller* yang dipergunakan di laboratorium umumnya masih konvensional. Untuk *chiller* yang modern umumnya secara harga masih sangat mahal. *Chiller* yang terhubung dengan alat *rotary evaporator* secara konvensional dapat menggunakan ember, terhubung dengan pompa dan untuk menstabilkan suhu menggunakan air es, namun hal tersebut membuat proses evaporasi tidak efisien dan membuat kegiatan di laboratorium menjadi terbatas. Hal tersebut dikarenakan petugas laboratorium bolak balik harus mengganti air es agar kondensor dapat bekerja secara optimal menangkap dan mendinginkan uap menjadi suatu pelarut [14].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka peneliti ingin merancang *chiller* yang merupakan bagian dari alat *rotary evaporator* sehingga suhu air yang diharapkan berada pada suhu 15°C dengan volume 3-5L dan penguapan pelarut menjadi lebih cepat. Pemanfaatan mikrokontroler dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang dan diharapkan dapat membantu pekerjaan para pengguna [15][16][17][18][19][20][21][22][23]. Harapan dari penelitian ini mendapatkan alat *chiller* berbasis mikrokontroler dilengkapi dengan pengaturan suhu sesuai keinginan yang ditampilkan pada layar LCD akurat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Dimana dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan pengembangan suatu produk sehingga dapat diaplikasikan sebagai instrument pendukung laboratorium untuk efisiensi kerja alat *rotary evaporator* [24]. Pengertian Penelitian Pengembangan atau *Research and Development (R&D)* sering diartikan sebagai suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada [25]. Pengembangan pada penelitian ini adalah merancang chiller untuk alat evaporasi yang berbasis mikrokontroler yang menggunakan peltier sebagai pendingin air hingga mencapai 15°C dengan volume 3-5L sehingga efisiensi kerja di laboratorium dalam menguapkan tanpa membuat pelarut lebih cepat.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

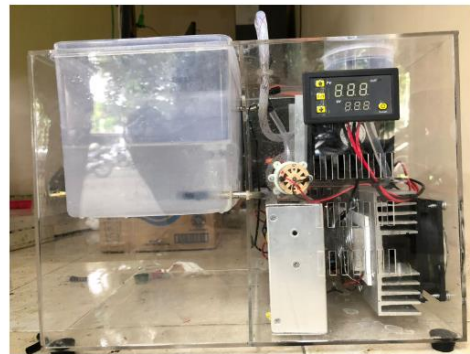
Penelitian ini dilakukan oleh tiga orang peneliti yang berasal dari keilmuan teknologi laboratorium medik dan teknik elektro. Alat ini dibuat di laboratorium teknik elektromedik, Universitas Bali Internasional. Uji coba rancang bangun dan pengujian dilakukan selama 6 bulan. Perancangan alat dan pengujian dilakukan dari bulan Juli sampai dengan

Desember 2021. Adapun diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

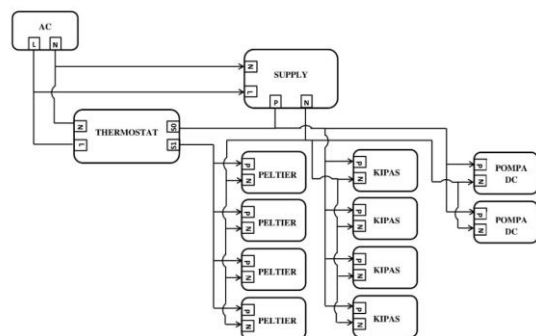
3.1 Chiller Berbasis Mikrokontroler

Alat yang dibuat pada penelitian ini adalah *chiller* berbasis mikrokontroler untuk evaporasi dengan penambahan seting suhu digital, dimana pada alat ini mampu memilih suhu dari 15° – 25° C sesuai dengan yang dibutuhkan oleh laboran/user. *Chiller* berbasis mikrokontroler untuk evaporasi ditunjukkan oleh Gambar 2.

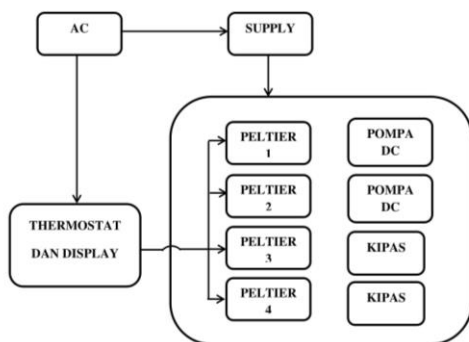


Gambar 2. Chiller Berbasis Mikrokontroler Untuk Evaporasi

Block diagram dari komponen-komponen sebagai acuan dari perangkaian alat dapat dilihat pada gambar 3. Perangkaian dilakukan dengan menghubungkan antar komponen dengan kabel untuk menjadi satu kesatuan sistem kerja dan gambar 4 merupakan *block diagram* dari *chiller*.



Gambar 3. Wiring Diagram Chiller Berbasis Mikrokontroler



Gambar 4. Block Diagram Chiller Berbasis Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, sumber jalan memberikan sumber listrik AC kepada *power supply* dan thermostat. Selanjutnya *power supply* akan mendistribusikan tegangan DC keseluruhan komponen, diantaranya; peltier, kipas dan pompa DC. Ketika thermostat diatur pada suhu yang diinginkan, peltier akan bekerja dengan menghubungkan *relay* internal. Lalu kabel positif pada peltier akan terhubung, sehingga peltier akan aktif untuk mendinginkan *waterblock*. Lalu pompa akan mengalirkan air pada *waterblock*. Disisi lain kipas berfungsi sebagai pendingin pada bagian panas peltier. Ketika thermostat diatur pada suhu tertentu dan suhu pada air telah sesuai dengan suhu

seting, maka thermostat akan memutus *relay* penghubung kabel positif pada peltier, sehingga peltier akan mati.

Cara penggunaan alat *chiller* adalah menghubungkan alat dengan sumber listrik AC 220V, lalu diisi air pada wadah penampung air dingin dan air panas, hidupkan alat dengan menekan saklar. Seting suhu yang dibutuhkan pada alat, kemudian hidupkan alat evaporator dan hubungkan *inlet* dan *outlet* air hasil proses evaporasi. Lakukan penguapan hingga pelarut berpindah dari labu sampel ke labu alat bulat, suhu pada *waterbath* alat evaporator disesuaikan dengan titik didih pelarut. Setelah alat selesai digunakan, matikan alat dengan menekan saklar. Lalu putuskan alat dengan sumber listrik AC 220v.

3.2 Pengukuran Suhu Chiller Berbasis Mikrokontroler

Alat chiller yang telah dirancang kemudian diuji kecepatan penurunan suhu pada wadah penampung hingga sesuai dengan hasil settingan thermostat. Hasil pengukuran dan validasi suhu pada bak penampung chiller dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Hasil Validasi Pengukuran Antara Suhu Terprogram pada Alat Chiller dengan Suhu pada Termometer Air

Suhu tersetting (°C) pada LCD	Ulangan				Suhu kalibrasi dengan termometer air
	Kecepatan penurunan per °C (detik) Minggu ke-				
	I	II	III	Rata-rata	
25	135	134	133	134 ±1,00	25,2
24	128	128	127	127±0,57	24,3
23	114	114	116	114±1,15	23,4
22	100	102	103	101±1,52	22,2
21	92	90	91	91±1,00	21,2
20	80	82	80	80±1,15	20,3
19	66	65	66	66±0,57	19,2
18	50	52	51	51±1,00	18,2
17	38	39	38	38±0,57	17,3
16	32	32	33	33±0,57	16,3
15	20	20	21	21±0,57	15,2

Berdasarkan hasil pengukuran suhu yang dilakukan terhadap alat *chiller* dengan alat pembanding adalah termometer air, sesuai dengan data yang ditampilkan pada Tabel 1. Pengukuran dilakukan dari suhu air pada kondisi ruang, yaitu dari suhu 25°C hingga suhu 15°C, yaitu suhu yang diharapkan pada alat

chiller mampu beroperasi pada alat evaporator sehingga kecepatan aliran pemisahan antara bahan maserat dengan pelarut dapat terpisah sesuai dengan titik didih pelarut yang digunakan. Semakin cepat waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu air pada bak penampung, semakin cepat pula laju

pemisahan pelarut menuju labu alas bulat, sehingga bahan aktif yang bercampur dengan pelarut semakin cepat mengental. Suhu air *chiller* 15^oC merupakan suhu efektifnya kecepatan tetap tetas aliran penyubliman yang stabil, dari tahapan penguapan pelarut menggunakan suhu *waterbath* 40^oC. Suhu *waterbath* 40^oC merupakan suhu aman bagi proses evaporasi yang menyebabkan stabilitas bahan aktif pada sampel maserat tidak rusak. Tabel 1 menunjukkan bahwa, semakin dekat menuju suhu seting pada LCD alat *chiller*, maka semakin singkat pula waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu, hal tersebut dapat dilihat bahwa waktu penurunan suhu dari 25^oC menjadi 24^oC adalah 127±0,57 detik,

sedangkan dari suhu 16^oC menjadi 15^oC hanya membutuhkan waktu 21±0,57 detik.

3.3 Pengukuran Penurunan Suhu Alat *Chiller*

Alat *chiller* yang sudah divalidasi penurunan suhunya kemudian diujicobakan pada alat *rotary evaporator* untuk mengetahui efektivitasnya dalam meredam panas yang dihasilkan dari *waterbath*, sehingga proses pengembunan pada alat kondensor yang terdapat dalam rangkaian alat *rotary evaporator* dapat memisahkan pelarut dengan bahan aktifnya lebih cepat.

Tabel 2: Hasil Pengukuran Suhu Terprogram Alat *Chiller* dengan Rangkaian Alat *Rotary Evaporator*

Suhu terprogram (°C)	Suhu <i>waterbath</i> (°C)	Kecepatan penurunan suhu per °C (detik)			
		I	II	III	Rata-rata
15	40	180	185	185	183±2,88
	45	210	212	215	212±2,51
	50	240	243	245	242±2,52
	55	270	272	274	272±2,00
	60	300	305	303	302±2,52

Pada pengukuran ini, alat *chiller* telah dihubungkan dengan alat *rotary evaporator* yang berisi alat kondensor dan *waterbath*. Alat *waterbath* berfungsi untuk menaikkan suhu pada maserat atau pelarut yang bercampur dengan bahan aktif hasil ekstraksi sehingga pelarut menguap, sedangkan kondensor berfungsi untuk menangkap uap hasil pemanasan yang kemudian diubah melalui reaksi pengembunan, sehingga uap tadi akan tertangkap dan berubah menjadi cairan. Cairan tersebut hasil evaporasi tidak akan hilang, namun dapat tertampung dan digunakan kembali untuk ekstraksi.

etanol murni, n-hexane, dan etil asetat, sedangkan suhu yang lebih tinggi untuk setingan *waterbath* merupakan suhu pelarut hasil campuran dengan akuades, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk proses pemisahan.

Berdasarkan hasil pengujian alat *chiller* dengan *rotary evaporator*, terjadi peningkatan waktu untuk menurunkan suhu dan agar sesuai dengan hasil setingan alat *chiller*. Semakin tinggi suhu *waterbath*, semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan suhu pada *chiller* sehingga sesuai dengan setingan alat. Suhu yang digunakan berkisar 40^o-60^oC. Suhu 40^oC merupakan suhu terendah pelarut dapat mengembun, umumnya merupakan pelarut jenis methanol murni,

Berdasarkan Tabel 2, semakin panas suhu *waterbath*, maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu *chiller*. Pada Tabel 2, waktu penurunan suhu antara suhu *waterbath* 40^oC untuk menjadi tetap 15^oC sebesar 183±2,88 detik, pada suhu 45^oC dengan lama 212±2,51 detik, pada suhu 50^oC selama 242±2,52 detik, pada suhu 55^oC sebesar 272±2,00 detik dan pada suhu 60^oC selama 302±2,52 detik. Berdasarkan data tersebut, bahwa semakin tinggi suhu *waterbath*, semakin lama pula proses penguapan menjadi embun, dan pada akhirnya pelarut tersebut bisa digunakan kembali untuk mencari senyawa aktif. *Chiller* yang dibuat mampu menurunkan suhu yang dialirkan dari *waterbath*, namun proses penurunan suhu masih lama, oleh karena itu perlu adanya penggunaan kompresor sehingga terjadi

penurunan suhu yang lebih cepat pada alat *chiller* yang disetting.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *chiller* yang dibuat mampu menurunkan suhu air hingga 15°C yang dihubungkan ke bagian kondensor *rotary evaporator* dan panas dari *waterbath* dengan lama penurunan suhu pada bak penampung *inlet-outlet* antara 183±2,88 detik hingga 302±2,52 detik dari suhu *waterbath* 40^o-60^oC. Untuk pengembangan, perlu ditambahkan kompressor agar lebih efektifnya waktu penurunan suhu pada *chiller*, dengan peningkatan suhu pada *waterbath* sehingga suhu air akan lebih cepat dan stabil di angka 15°C.

PERNYATAAN PENGHARGAAN

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada kampus Universitas Bali Internasional dan LPPM karena sudah memberikan bantuan materiil sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, serta lembaga riset RUN yang telah memberi ijin melakukan uji alat *chiller* pada alat *rotary evaporator*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Kesehatan Republik Indonesia, *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan dan Obat*. Jakarta: Direktorat Jendral POM-Depkes RI, 2002.
- [2] R. Octiviani, T. A. Zaharah, and P. Ardiningsih, "Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Metanol Kulit Kayu Batang Sukun (*Artocarpus altilis* Park) yang Tersalut," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 8, no. 2, pp. 34–40, 2019.
- [3] M. Isnaini and W. P. Ningrum, "Hubungan Keterampilan Representasi Terhadap Pemahaman Konsep Kimia Oragnik," *Univ. Islam Negeri Raden Fatah Palembang*, pp. 12–25, 2018.
- [4] I. K. Lasia, "Analisis pengetahuan mahasiswa tentang dampak penggunaan bahan kimia," *Pros. Semin. Nas. FMIPA UNDIKSHA III*, vol. 21, pp. 148–152, 2013.
- [5] Chang and Raymond, *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti*, Edisi Ket. Jakarta:

- Erlangga.
- [6] I. G. Gandjar and A. Rochman, *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2007.
 - [7] F. Ariyani, L. Eka Setiawan, and F. Edi Soetaredjo, "Ekstraksi Minyak atsiri Dari Tanaman Sereh Dengan Menggunakan Pelarut Metanol, Aseton, Dan N-Heksana."
 - [8] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, *Metode Ekstrasi*. Serpong, 2012.
 - [9] A. Yulianingtyas and B. Kusmartono, "Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Maserasi Pengambilan Flavonoid Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.)," *J. Tek. Kim.*, vol. 10, pp. 58–64, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annemergmed.2013.08.024>.
 - [10] W. A. Wijaya, N. L. P. V. Paramita, and N. M. P. Susanti, "OPTIMASI METODE PURIFIKASI EKSTRAK DAUN SIRIH HIJAU (*Piper betle* Linn) YANG MEMILIKI AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Propionibacterium Acnes*," *J. Kim.*, no. Fea I, p. 36, 2018, doi: 10.24843/jchem.2018.v12.i01.p07.
 - [11] R. Qorriaina, L. C. Hawa, and R. Yulianingsih, "Jurnal Bioproses Komoditas Tropis Aplikasi Pra-Perlakuan Microwave Assisted Extraction (MAE) Pada Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum sanctum*) Menggunakan Rotary Evaporator (Studi Pada Variasi Suhu dan Waktu Ekstraksi) The Application of Microwave Assisted," vol. 3, no. 1, pp. 32–38, 2015.
 - [12] I. Hasmita *et al.*, "The Effect of Temperature on Myristicin Isolation from Nutmeg Oil Using Rotary," pp. 41–48, 2019.
 - [13] E. Dewi *et al.*, "PEMBUATAN BISKUIT DARI PASTA UBI UNGU (Pasta Diproses Menggunakan Rotary Evaporator) Production Of Biscuits From Purple Sweet Potato Paste (Paste Processed Using Rotary Evaporator)," *J. Kinet.*, vol. 11, no. 03, pp. 14–19, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>.
 - [14] A. Gunawan, A. Sasongko, and R. D. Sabila, "Perbandingan Metode

- Pemekatan Kuderna Danish dan Rotary Evaporator dalam Penentuan Total Petroleum Hydrocarbon(TPH) Secara Kromatografi Gas," *JST (Jurnal Sains Ter.*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.32487/jst.v3i2.262.
- [15] I. G. M. N. Desnanjaya, I. M. A. Nugraha, and S. Hadi, "Sistem Pendeteksi Keberadaan Nelayan Menggunakan GPS Berbasis Arduino," *J. Sumberd. Akuatik Indopasifik*, vol. 5, no. 2, pp. 157–168, 2021, [Online]. Available: <https://ejournalfpikunipa.ac.id/index.php/JSAL/article/view/143>.
- [16] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, P. A. R. Arimbawa, and D. N. G. T. Prayoga, "Saklar Otomatis Berbasis Mikrokontroler Untuk Mengurangi Penggunaan Energi Listrik," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 59–66, 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.759.
- [17] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, P. A. M. Putra, and I. G. S. Adnyana, "Magnetic Stirrer with Speed Advisor and Timer Based on Microcontroller," *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 18–25, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i1.11279.
- [18] I. M. A. Mahardiananta, I. G. A. Haryawan, P. D. Prihananta, and I. N. S. I. Guna, "Design And Contruction of Waterbath Based Microcontroller," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 349–359, 2022, doi: 10.31289/jite.v5i2.6176.
- [19] I. G. M. N. Desnanjaya and I. M. A. Nugraha, "Portable waste capacity detection system based on microcontroller and website," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1810, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1810/1/012001.
- [20] I. G. M. N. Desnanjaya and I. B. A. I. Iswara, "Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: 10.31598/jurnalresistor.v1i1.266.
- [21] I. G. M. N. Desnanjaya, I. M. A. Nugraha, I. W. D. Pranata, and W. Harianto, "Stability data Xbee S2b Zigbee communication on arduino based sumo robot," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 3, pp. 153–160, 2021, doi: 10.18196/jrc.2370.
- [22] I. G. M. N. Desnanjaya, I Gede Pandy Sastrawan, and I Wayan Dani Pranata, "Sistem Peringatan Ketinggian Air Dan Kendali Temuku (Pintu Air) Untuk Irigasi Sawah," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.31598/jurnalresistor.v3i1.560.
- [23] I. G. M. N. Desnanjaya, I. N. B. Hartawan, W. G. S. Parwita, and I. B. A. I. Iswara, "Performance Analysis of Data Transmission on a Wireless Sensor Network Using the XBee Pro Series 2B RF Module," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 10, no. 2, p. 211, 2020, doi: 10.22146/ijeis.59899.
- [24] P. . Surya Dharma, MPA., "Pendekatan, jenis, dan metode penelitian pendidikan," 2008.
- [25] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2014.