

PERBANDINGAN METODE GRAVIMETRI DAN DISTILASI UNTUK ANALISIS KAPORIT *POWDER* 60% PADA INDUSTRI PENGHASIL KAPORIT

Balqis Zeniva Ibrahim¹, Sandra Santosa¹, Ryan Ayub Wahjoedi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk Jl. Raya Surabaya – Mojokerto km 44, Desa Kramat Temenggung,

Kecamatan Tarik Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

zenivabalqis@gmail.com ; [sandra.santosa@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Salah satu parameter kualitas produk kaporit *powder* 60% yang dianalisis adalah kadar air atau *moisture* yaitu harus berkisar antara 3-5%. Awalnya, analisis kadar air ini menggunakan metode gravimetri. Namun seiring berjalannya waktu, oven yang digunakan untuk analisis rusak akibat gas klorin yang korosif. Oleh karena itu, dilakukan penggantian metode gravimetri menjadi metode distilasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan antara metode gravimetri dan metode distilasi sehingga dapat diketahui metode yang lebih baik untuk analisis. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 hari menggunakan sampel kaporit *powder* 60% yang dihasilkan pada hari tersebut. Waktu untuk metode gravimetri cukup singkat dan efisien untuk proses produksi. Hasil kadar air pada metode gravimetri cukup rendah, yaitu 2,67%; 3,19%; dan 1,64% yang menandakan kurang akuratnya metode ini. Sedangkan hasil kadar air pada metode distilasi, yaitu 4,0%; 4,5%; dan 2,5% yang menandakan hasil kadar air kaporit *powder* 60% yang dianalisis dengan metode ini sesuai dengan spesifikasi standar produk yang telah ditentukan. Namun, waktu analisis menggunakan metode distilasi ini cukup lama sehingga tidak efisien. Berdasarkan data hasil kadar air serta kelebihan dan kekurangannya, metode distilasi lebih disarankan untuk digunakan sebagai metode analisis kadar air kaporit *powder* 60%.

Kata kunci: klorin, distilasi, kaporit, gravimetri

ABSTRACT

One of the quality parameters of 60% chlorine powder products analyzed is moisture content, which must range between 3-5%. Initially, this moisture content analysis used the gravimetric method. However, over time, the oven used for analysis was damaged due to corrosive chlorine gas. Therefore, the gravimetric method was replaced by the distillation method. This experiment aims to determine the advantages and disadvantages between the gravimetric method and the distillation method so that it can be known which method is better for analysis. This research was carried out for 3 days using 60% chlorine powder samples produced on each day. The time for the gravimetric method is quite short and efficient for the production process. The results of water content in the gravimetric method are quite low, which are 2.67%; 3.19%; and 1.64% which indicates the lack of accuracy of this method. The results of the water content in the distillation method, which are 4.0%; 4.5%; and 2.5%, indicate that the results of the 60% chlorine powder water content analyzed by this method are by the predetermined product standard specifications. However, the analysis time using this distillation method is quite long so it is not efficient. Based on the data of water content results as well as its advantages and disadvantages, the distillation method is recommended to be used as a method of analyzing the water content of chlorine powder 60%.

Keywords: chlorine, distillation, gravimetric, moisture

Corresponding author: Nama Lengkap Corresponding Author

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: sandra.santosa@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Produk unggulan yang dihasilkan oleh Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk adalah Kaporit *Powder* 60% yang merupakan produk utama dari Kaporit *Section*. Kaporit *powder* 60% dengan nama lain kalsium hipoklorit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ merupakan bahan berbentuk kering (kristal) atau basah yang umum digunakan sebagai desinfektan [1]. Kaporit dalam bentuk kering (kristal) biasanya berbentuk serbuk atau *powder* dan juga tablet atau pil.

Kaporit efektif digunakan sebagai pereduksi zat organik, pengoksidasi logam, serta desinfeksi mikroorganisme [1]. Desinfeksi sendiri merupakan cara atau metode untuk menghilangkan bakteri patogen yang tidak diinginkan. Bakteri patogen yang masuk ke dalam tubuh manusia sangat berbahaya dan menyebabkan berbagai penyakit [2]. Kaporit *powder* banyak digunakan dalam proses penjernihan air kolam renang, pengolahan air minum, dan bahan pemutih pada industri tekstil serta industri *pulp and paper*. Kaporit juga banyak digunakan untuk proses pengolahan limbah cair karena kandungan klorin pada kaporit sangat efektif untuk membunuh bakteri patogen dan bakteri indikator [3]. Kalsium hipoklorit merupakan senyawa klor yang umum digunakan sebagai desinfektan dalam perlakuan pengolahan limbah karena lebih stabil dan mudah larut dalam air, selain itu juga sangat efektif untuk menurunkan berbagai bakteri patogen [4]. Kaporit adalah desinfektan yang murah dan mudah diperoleh serta memiliki kandungan klorin yang lebih besar daripada bahan desinfektan lain terutama NaOCl [5].

Selain kaporit, masyarakat Indonesia juga menggunakan NaOCl atau *Sodium Hypochlorite* sebagai desinfektan. Namun, NaOCl dirasa kurang efektif dibandingkan dengan kaporit. Hal ini dikarenakan kandungan klorin pada NaOCl yang cukup rendah, sehingga dibutuhkan jumlah yang banyak untuk mencapai efektivitas yang diinginkan. Selain itu, fase NaOCl yang cair ini akan mempercepat proses penguapan produk, tidak seperti kaporit berbentuk padatan yang akan larut dan terurai dalam air secara perlahan [6]. NaOCl juga merupakan sebuah bahan kimia yang tidak stabil. Pengaruh lingkungan eksternal, seperti suhu, cahaya, dan kondisi penyimpanan dapat mempengaruhi ketersediaan ion klorin dan mengganggu efektivitasnya [7].

Kaporit *powder* diproduksi dengan proses klorinasi. Klorinasi adalah suatu reaksi adisi yang menggunakan gas klorin sebagai pereaktan. Klorin pada kaporit berfungsi sebagai zat penjernih air, membunuh bakteri, dan juga membersihkan kotoran dalam air. Klorin memiliki wujud gas dengan bau menyengat, berwarna kuning kehijauan, dan berbahaya apabila terhirup [8]. Gas klorin sendiri tergolong gas yang berbahaya karena gas ini merupakan gas pengoksidasi dan gas beracun apabila terhirup. Kandungan gas klorin yang cukup tinggi pada kaporit ini juga mengakibatkan kaporit memiliki sifat yang mudah terbakar, pengoksidasi, dan menyebabkan iritasi pada kulit.

Kaporit yang diproduksi oleh Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk berbentuk bubuk atau *powder* berwarna putih dengan kandungan klorin minimal 60%. Kaporit *powder* 60% ini cocok digunakan untuk penggunaan di rumah tangga dan kolam renang, serta lebih ramah pengguna. Sebelum dilakukan distribusi, produk kaporit *powder* 60% pastinya akan dilakukan *quality check* terlebih dahulu oleh tim QC Laboratorium. Parameter kualitas kaporit *powder* 60% yang harus dianalisis adalah kandungan klorin yang terdapat di dalam kaporit *powder*. Selain spesifikasi kandungan klorin dalam kaporit *powder* 60%, salah satu aspek yang penting pada produk kaporit *powder* adalah kadar air atau kadar air.

Kadar air atau kadar air merupakan jumlah air yang terkandung di dalam suatu bahan dan dinyatakan dalam bentuk persen [9]. Kadar air pada kaporit *powder* 60% harus berkisar antara 3-5% sesuai standar yang ditetapkan oleh PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Apabila kadar air pada kaporit *powder* melebihi 5%, maka hal ini akan berpengaruh pada kandungan klorin yang ada di kaporit *powder* 60%. Semakin tinggi kadar air yang terkandung dalam kaporit *powder* 60%, maka semakin rendah kandungan klorin pada produk kaporit *powder* 60%. Ketika kadar air dalam sampel kaporit lebih dari 5%, maka timbangan sampel ketika analisis tidak murni kaporit *powder* 60% dan lebih banyak mengandung air. Sehingga persentase kandungan klorin bernilai rendah bahkan bisa dibawah 60%. Apabila kadar air pada kaporit *powder* 60% kurang dari 3%, maka bubuk kaporit akan semakin kering dan lebih rawan terbakar.

Pada awalnya, kadar air kaporit *powder* 60% dianalisis dengan menggunakan metode gravimetri. Namun seiring berjalannya waktu, oven yang digunakan untuk memanaskan sampel kaporit *powder* 60% ini rusak akibat terpapar gas klorin yang bersifat korosif. Selain itu, analisis kadar air kaporit *powder* 60% ini dirasa kurang akurat dan sering menghasilkan kadar air yang tidak sesuai spesifikasi. Oleh karena itu, Divisi Chemical Plant, Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk menggunakan cara analisis kadar air yang baru yaitu dengan metode distilasi. Namun, masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Berdasarkan kedua metode yang sudah diaplikasikan pada Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk ini, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara metode gravimetri dan distilasi untuk analisis kadar air kaporit *powder* 60%. Perbandingan ini didasarkan pada kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode. Selain itu, perbandingan ini juga didasarkan pada hasil analisis kadar air kaporit *powder* 60%. Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan metode terbaik yang dapat diaplikasikan secara berkelanjutan dengan mempertimbangkan segala perbandingannya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan selama 3 hari yaitu pada tanggal 25 hingga 27 Oktober 2023. Proses penelitian ini dilakukan di Laboratorium QC Kaporit Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Penelitian kadar air kaporit *powder* 60% ini menggunakan metode gravimetri dan distilasi dengan sampel yang sama untuk tiap metode.

2.1. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan sebagai penunjang penelitian kadar air kaporit *powder* 60% dengan metode gravimetri dan distilasi. Alat yang digunakan untuk penelitian menggunakan metode gravimetri, yaitu oven, desikator, timbangan analitik, *stopwatch*, dan cawan arloji. Bahan yang digunakan untuk penelitian dengan metode gravimetri adalah sampel kaporit *powder* 60% sebanyak 10 gram. Sedangkan alat yang digunakan untuk penelitian menggunakan metode distilasi adalah serangkaian alat distilasi. Serangkaian alat distilasi ini, meliputi mantel pemanas, labu distilasi, kolom distilasi, kondensor, dan *Goetz-tube*. Mantel pemanas yang digunakan dilengkapi dengan pengaturan suhu sehingga suhu pemanasan dapat dijaga dan konstan. Kondensor merupakan alat yang digunakan untuk mengubah fase uap menjadi fase cair, sehingga

cairan distilat dapat ditampung pada labu hasil distilat. Fluida pendingin yang digunakan adalah air dengan jenis aliran *counter current*. Goetz tube merupakan labu yang digunakan untuk menampung hasil distilat yang memiliki garis meniskus yang menunjukkan volume cairan di dalamnya. Bahan yang digunakan untuk penelitian metode distilasi, yaitu sampel kaporit powder 60% sebanyak 20 gram, *dichlorobenzene*, dan *petroleum ether*.

2.2. Tahap Pengambilan Sampel

Sampel yang dianalisis merupakan produk kaporit *powder* 60% yang dihasilkan pada hari tersebut, terutama hasil produksi *shift* 3. Hal ini dikarenakan waktu analisis produk kaporit *powder* 60% *shift* 3 dilakukan pada pagi hari.

2.3. Tahap Analisis

Penelitian menggunakan metode gravimetri ini cukup mudah yaitu dengan menimbang massa awal cawan arloji dan juga sampel awal sebanyak 10 gram pada cawan arloji. Sampel kaporit *powder* yang sudah diletakkan dalam cawan arloji kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 130°C selama 15 menit. Pengaturan suhu harus diperhatikan karena suhu oven yang terlalu tinggi akan mengeringkan dan dapat membakar kaporit *powder* 60%. Setelah itu, sampel dimasukkan ke desikator untuk dilakukan proses pendinginan selama 10 menit. Langkah terakhir adalah dilakukan penimbangan sampel kaporit *powder* dalam cawan arloji dan kemudian dilakukan perhitungan.

Terdapat beberapa data hasil penelitian yang dibutuhkan, yaitu berat awal cawan, berat sampel awal, dan juga berat akhir cawan dan sampel. Berat akhir sampel dapat dihitung dari pengurangan antara berat akhir cawan dan sampel dikurangi dengan berat awal cawan. Dari data hasil analisis tersebut dilakukan perhitungan kadar air pada Persamaan (1).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

a = berat sampel awal

b = berat sampel akhir

Penelitian dengan menggunakan metode distilasi diawali dengan pelarutan 20 gram sampel kaporit *powder* 60% dalam 100 ml *dichlorobenzene* di labu distilasi. Labu distilasi diletakkan dalam mantel pemanas dengan suhu tetap 300°C. Proses distilasi ini dilakukan terus menerus hingga tidak ada air yang menetes pada *Goetz-tube*. *Goetz-tube* digunakan sebagai penampung air distilat yang sebelumnya sudah diberi *petroleum ether*. Setelah proses analisis distilasi selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pembacaan volume *yield* pada *Goetz-tube* untuk selanjutnya dilakukan perhitungan.

Data hasil penelitian yang dibutuhkan, yaitu densitas air, berat awal sampel, dan volume akhir *yield*. Densitas air yang digunakan selama perhitungan adalah 1 g/mL. Dari data hasil analisis tersebut dilakukan perhitungan kadar air pada Persamaan (2).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Volume yield} \times \text{Densitas air}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode gravimetri merupakan metode analisis kimia kuantitatif untuk menganalisis kadar air. Prinsip dari metode ini adalah menguapkan air dalam sampel dengan proses pemanasan menggunakan bantuan oven [10]. Perhitungan kadar air pada suatu padatan didasarkan pada penimbangan sebelum dan sesudah dikeringkan. Semakin lama proses pengeringan yang dilakukan, maka kadar air di dalam padatan akan semakin berkurang dan sampel akan semakin kering [11]. Berkurangnya kadar air ini disebabkan oleh kadar air bebas dalam bahan sudah terikat oleh udara pengering [12]. Selain dipengaruhi oleh waktu pengeringan, kadar air juga dipengaruhi oleh suhu oven. Semakin tinggi suhu oven yang digunakan, maka penurunan berat dari sebuah padatan juga akan berkurang lebih cepat. Dengan waktu pengeringan yang sama, suhu oven yang tinggi akan menghasilkan kadar air atau kadar air yang lebih rendah [13]. Penurunan berat padatan selama pengeringan ini menunjukkan jumlah air yang akan dilakukan perhitungan [14]. Pada proses pengeringan padatan, kadar air yang akan teruapkan terlebih dahulu adalah kadar air yang terdapat pada permukaan luar bahan. Setelah kadar air pada permukaan bahan berhasil teruapkan dengan sempurna, maka kadar air yang ada di bagian tengah dan bawah bahan akan naik menuju ke permukaan hingga seluruh kadar air dalam padatan teruapkan [15].

Kelebihan yang sangat berpengaruh untuk proses produksi adalah efisiensi waktu. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali analisis terbilang cukup singkat yaitu hanya 25 menit, sehingga analisis dengan metode gravimetri dapat dilakukan per 50 pail atau dengan kata lain dapat menganalisis hingga 3-4 kali setiap klorin. Namun seiring berjalannya waktu, oven yang digunakan untuk melakukan analisis ini rusak. Rusaknya oven ini diakibatkan oleh paparan gas klorin yang bersifat korosif. Oven yang rusak akibat paparan gas klorin harus di-*repair* sehingga menyebabkan tidak bisa dilakukannya analisis kaporit *powder* 60%. Selain itu, kaporit *powder* 60% yang telah dioven ini sangat ringan dan kering sehingga sangat mudah melayang dan berbahaya baik bagi area di sekitar oven maupun karyawan Laboratorium QC yang sedang melakukan analisis. Lepasnya gas klorin ke lingkungan menjadi masalah yang cukup serius karena mengingat sifat gas klorin yang berbahaya dan beracun apabila terhirup.

Tabel 1. Hasil analisis metode gravimetri

Tanggal	Durasi (menit)	Berat Awal Cawan (gram)	Berat Awal Sampel (gram)	Berat Akhir Sampel + Cawan (gram)	Berat Akhir Sampel (gram)	Kadar Air (%)
25-10-2023	25	26,1490	10,0040	35,8859	9,7369	2,67
26-10-2023	25	27,4038	10,0046	37,0893	9,6855	3,19
27-10-2023	25	26,1499	10,0029	35,9886	9,8387	1,64

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil analisis kadar air kaporit *powder* 60% mendapatkan hasil kadar air yang rendah, bahkan pada sampel ketiga hanya sebesar 1,64% dan tidak sesuai dengan spesifikasi. Hal ini diakibatkan gas klorin yang terkandung di dalam kaporit *powder* 60% ikut menguap bersama air. Menguapnya kandungan gas klorin ini menyebabkan massa akhir sampel kaporit *powder* 60% menjadi lebih sedikit. Hal ini juga merupakan salah satu kekurangan analisis menggunakan metode gravimetri karena tidak bisa memastikan komponen yang menguap hanya air atau air dan gas klorin.

Distilasi merupakan suatu proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri dari dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan titik didih komponen tersebut [16]. Tujuan dari distilasi sendiri yaitu untuk mendapatkan cairan murni dari sebuah campuran yang berbeda titik didihnya. Cairan dengan titik didih lebih rendah akan menguap dan akan didinginkan oleh kondensor. Proses pendinginan ini berfungsi untuk mengubah fase uap menjadi fase cair kembali. Cairan hasil kondensasi ini disebut distilat [17]. Mutu dan jumlah dari distilat atau *yield* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu metode distilasi, keadaan kering atau tidaknya bahan, ukuran bahan, waktu distilasi, laju penguapan, tekanan operasi, dan lain-lain [18].

Sebelum dilakukan proses distilasi, sampel kaporit *powder* 60% sebanyak 20 gram dilarutkan dalam 100 ml *dichlorobenzene*. *Dichlorobenzene* dengan rumus kimia $C_6H_4Cl_2$ merupakan produk samping dari pembuatan *chlorobenzene* dan bersifat non polar. *Chlorobenzene* dihasilkan dari reaksi klorinasi *benzene* dan klorin [19]. Oleh karena itu, *dichlorobenzene* dapat berfungsi sebagai pengikat gas klorin pada kaporit *powder* 60% agar gas klorin tidak menguap bersama air. Distilasi dilakukan pada suhu $300^\circ C$ hingga tidak ada air yang menetes pada *Goetz-tube*. *Goetz-tube* digunakan sebagai penampung air distilat yang sebelumnya sudah diberi *petroleum ether*. *Petroleum ether* merupakan pelarut non polar yang mampu melarutkan senyawa-senyawa yang tak larut air [20]. Mengingat suhu pemanasan distilasi yang digunakan adalah $300^\circ C$, sedangkan titik didih air adalah $100^\circ C$ dan *dichlorobenzene* $174^\circ C$, maka sangat besar kemungkinan *dichlorobenzene* akan menguap bersama air. Disinilah peran *petroleum ether* sangat dibutuhkan untuk mengikat *dichlorobenzene* yang ikut menguap dan terkondensasi. *Dichlorobenzene* akan larut dalam *petroleum ether* karena kedua bahan ini merupakan senyawa non polar, sedangkan air yang bersifat polar tidak dapat larut dengan *petroleum ether*. *Petroleum ether* yang berperan sebagai pelarut dan air akan berpisah membentuk 2 lapisan dengan *petroleum ether* di bagian atas. 2 lapisan ini terbentuk karena perbedaan berat jenisnya. Berat jenis *petroleum ether* hanya sebesar 0,653 g/mL sedangkan berat jenis air sebesar 1 g/mL. Penggunaan *petroleum ether* ini juga dianggap tepat karena air di bagian bawah labu akan memudahkan pembacaan satu meniskus dan lebih akurat. Sebaliknya, apabila menggunakan bahan pelarut lain yang berat jenisnya lebih tinggi daripada air dan air berada di atas, maka akan mempersulit dalam pembacaan dua meniskus dan mengurangi ketelitian datanya [14]. Volume air yang terbaca pada *Goetz-tube* merupakan volume *yield* yang akan digunakan sebagai perhitungan.

Tabel 2. Hasil analisis metode distilasi

Tanggal	Durasi (menit)	Densitas Air (g/mL)	Berat Sampel (gram)	Kadar Air (mL)	Kadar Air (%)
25-10-2023	135	1,00	20,0086	0,8	4,0
26-10-2023	120	1,00	20,0051	0,9	4,5
27-10-2023	105	1,00	20,0098	0,5	2,5

Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa hasil analisis kadar air kaporit dengan menggunakan metode distilasi masuk dalam spesifikasi kadar air kaporit *powder* 60% yang diizinkan yaitu 3-5%. Analisis kadar air kaporit *powder* 60% ini terbilang cukup akurat karena komponen

yang akan menguap hanyalah air, sedangkan gas klorin tidak menguap karena terikat oleh *dichlorobenzene*. Metode distilasi ini juga dianggap lebih aman karena tidak ada gas klorin yang release ke lingkungan.

Namun, analisis dengan menggunakan metode distilasi ini juga memiliki kekurangan, yaitu lamanya waktu yang dibutuhkan untuk analisis. Satu kali *running* distilasi membutuhkan waktu lebih dari 100 menit. Lamanya waktu analisis ini dapat menghambat proses pengemasan produk kaporit *powder* 60%. Hal ini dikarenakan semua finish good kaporit *powder* 60% harus dianalisis terlebih dahulu sebelum dilakukan penutupan kaleng.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari perbandingan kedua metode analisis kadar air pada kaporit *powder* 60%, dapat disimpulkan bahwa metode distilasi lebih baik daripada metode gravimetri karena 2 dari 3 sampel yang diuji kadar airnya masuk standar spesifikasi produk kaporit *powder* 60% yang sudah ditetapkan PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, yaitu 3-5%. Sedangkan pada metode gravimetri, hanya 1 dari 3 sampel yang masuk standar spesifikasi kaporit *powder* 60%. Tetapi, metode distilasi memerlukan waktu yang lama, yaitu 105-135 menit untuk satu kali *running* dibandingkan dengan metode gravimetri yang hanya membutuhkan waktu 25 menit.

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai analisis kadar air pada kaporit *powder* 60% dengan metode distilasi sehingga dapat mengefisienkan waktu, contohnya dengan mengganti pelarut kaporit powder 60% dari *dichlorobenzene* menjadi bahan lain.

REFERENSI

- [1] D. Herawati dan A. Yuntarso, "Penentuan Dosis Kaporit Sebagai Desinfektan Dalam Menyisihkan Konsentrasi Ammonium Pada Air Kolam Renang," *Jurnal Sains Health*, vol. 1, no. 2, hal. 66–74, 2017.
- [2] M. Ali, "Peran Proses Desinfeksi Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Air Bersih", 1 ed. Surabaya: UPN Press, 2010.
- [3] N. I. Said, "Disinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 3, no. 1, hal. 15–28, 2007.
- [4] M. N. Istikomah, Budiyono, dan Y. H. Darundiati, "Efektivitas Variasi Dosis Kalsium Hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) Dalam Menurunkan Koloni *Salmonella sp* dan Bakteri Coliform Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Penggaron Semarang," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 6, no. 2, hal. 133–142, 2018.
- [5] I. Arifani, G. W. Pradini, I. F. D. Arya, dan A. I. Cahyadi, "Destructive Effect of Calcium Hypochlorite against *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm," *Althea Medical Journal*, vol. 4, no. 3, hal. 468–473, 2017.
- [6] S. Meilani dan D. Iskandar, "Perbandingan Nilai Daya Pengikat Chlor Antara Kaporit Dan Natrium Hipoklorit Pada Proses Penjernihan Air," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 5, hal. 443–448, 2022.
- [7] K. B. D. Paula, I. B. Carlotto, D. F. Marconi, M. B. C. Ferreira, F. S. Grecca, dan F. Montagner, "Calcium Hypochlorite Solutions – An In Vitro Evaluation of Antimicrobial Action and Pulp Dissolution," *European Endodontic Journal*, vol. 4, no. 1, hal. 15–20, 2019.

- [8] D. Rosita, S. Zaenab, dan M. A. K. Budiyanto, "Analisis Kandungan Klorin Pada Beras yang Beredar di Pasar Besar Kota Malang Sebagai Sumber Belajar Biologi," *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, vol. 2, no. 1, hal. 88–93, 2016.
- [9] A. R. Buditama, "Perbandingan Metode Uji Penentuan Kadar Lemak dan Kadar Air Dalam Sampel Bubuk Kakao di PT Kalla Kakao Indonesia," Yogyakarta, 2020.
- [10] A. Daud, Suriati, dan Nuzulyanti, "Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air Metode Thermogravimetri," *LUTJANUS*, hal. 11–16, 2019.
- [11] I. G. A. A. Y. Yoga, P. K. D. Kencana, dan Sumiyati, "Pengaruh Lama Fermentasi dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Teh Herbal Daun Bambu Tabah (*Gigantochloa Nigrociliata Buse-Kurz*)," *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, vol. 10, no. 1, hal. 71–80, April 2022.
- [12] I. Permatasari, L. K. Eugenia, dan Suherman, "Pengaruh Initial Kadar air Content dan Massa Tepung Pada Proses Pengeringan Tepung Tapioka Menggunakan Pengering Unggun Fluidisasi," *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 2, no. 3, hal. 43–50, 2013.
- [13] D. K. Sari, I. Kustiningsih, dan R. S. D. Lestari, "Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Mutu Rumput Laut Kering," *Jurnal TEKNIKA*, vol. 13, no. 1, hal. 43–50, 2017.
- [14] L. Nadia, "Analisis Kadar Air Bahan Pangan dalam Praktikum Kimia dan Analisis Pangan", 1 ed., Tangerang Selatan: Universitas Terbuka, 2010, hal. 1–30.
- [15] B. S. Amanto, Siswanti, dan A. Atmaja, "Kinetika Pengeringan Temu Giring (*Curcuma heyneana Valeton & van Zijp*) Menggunakan Cabinet Dryer Dengan Perlakuan Pendahuluan Blanching," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 8, no. 2, hal. 107–114, 2015.
- [16] C. J. Geankoplis, "Transport Processes and Unit Operation, 3 ed. Englewood Cliffs: A Simon & Schuster Company", 1993.
- [17] H. Khotimah, E. W. Anggraeni, dan A. Setianingsih, "Karakterisasi Hasil Pengolahan Air Menggunakan Alat Destilasi," *Jurnal Chemurgy*, vol. 1, no. 2, hal. 34–38, Desember 2017.
- [18] L. Sari, D. Lesmana, dan Taharuddin, "Ekstraksi Minyak atsiri dari Daging Buah Pala (Tinjauan Pengaruh Metode Destilasi dan Kadar Air Bahan)," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK)*, hal. 1–6, 2018.
- [19] Y. A. Prabowo, "Prarancangan Pabrik Chlorobenzene Dari Benzene dan Klorin Dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun," Yogyakarta, September 2022.
- [20] M. E. Wala, E. Suryanto, dan D. S. Wewengkang, "Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya Fraksi Dari Ekstrak Lamun (*Syringodium Isoetifolium*)," *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi*, vol. 4, no. 4, hal. 282–289, 2015.