

Optimasi Suhu dan Lama Perendaman terhadap Kadar Klorin pada Kertas Rokok Menggunakan Metode Iodometri

Optimization of Temperature and Soaking Time on Chlorine Levels in Cigarette Paper Using the Iodometric Method

Edy Agustian Yazid^{1,*}, Nur Yaqin¹, Roihatul Zahroh², Dava Isabel Salsabila¹

¹Akademi Analis Kesehatan Delima Husada Gresik, Jawa Timur, Indonesia

²Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Gresik, Jawa Timur, Indonesia

*Email Korespondensi: estien_y@yahoo.com

Abstrak

Klorin merupakan bahan kimia, diproduksi dan digunakan di seluruh dunia. Klorin biasanya digunakan sebagai desinfektan dan pemutih kertas. Kertas rokok dibuat dari bahan yang diputihkan menggunakan klorin. Klorin bersifat toksik terutama bila terhisap, berpotensi menyebabkan iritasi mata, kulit, saluran pernafasan dan kerusakan paru-paru. Faktor kelarutan klorin dipengaruhi oleh suhu dan waktu perendaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui suhu dan waktu perendaman optimum terhadap kadar klorin pada kertas rokok filter (RF) dan rokok non filter (RNF). Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan teknik analisis secara kuantitatif menggunakan metode iodometri. Parameter yang diamati adalah kadar klorin dengan variasi suhu 25°C, 50°C, 75°C, 100°C dan waktu perendaman 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit. Hasil penelitian didapatkan kadar klorin tertinggi pada kertas RF dan RNF berturut-turut 19,26 ppm dan 17,88 ppm. Hasil penelitian disimpulkan kadar klorin tertinggi didapatkan pada kertas RF dan RNF menggunakan suhu dan waktu perendaman optimum yang sama, yaitu suhu 75°C selama 20 menit.

Kata Kunci: klorin, iodometri, suhu, waktu perendaman, rokok

Abstract

Chlorine is a chemical, produced and used throughout the world. Chlorine is usually used as a disinfectant and paper bleach. Cigarette paper is made from materials that are bleached using chlorine. Chlorine is toxic, especially when inhaled, potentially causing eye, skin, respiratory tract irritation and lung damage. The chlorine solubility factor is influenced by temperature and soaking time. This research aims to determine the optimum temperature and soaking time for chlorine levels in filtered cigarette paper (RF) and non-filtered cigarettes (RNF). The research was carried out experimentally with quantitative analysis techniques using the iodometric method. The parameters observed were

chlorine levels with temperature variations of 25°C, 50°C, 75°C, 100°C and soaking times of 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes. The research results showed that the highest chlorine levels in RF and RNF paper were 19.26 ppm and 17.88 ppm respectively. The research results concluded that the highest chlorine levels were obtained in RF and RNF paper using the same optimum temperature and soaking time, namely 75°C for 20 minutes.

Keywords: chlorine, iodometry, temperature, soaking time, cigarettes

Diterima: 10 Mei 2024

Disetujui: 28 April 2025

DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v7i2.2430>



Copyright (c) 2025, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.).
Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia.
This is an Open Access article under the CC-BY-NC License.

Cara Sitasi:

Yazid, E. A., Yaqin, N., Zahroh, R., Salsabila, D. I., 2025. Optimasi Suhu dan Lama Perendaman terhadap Kadar Klorin pada Kertas Rokok Menggunakan Metode Iodometri. *J. Sains Kes.*, 7(2). 134-142.
DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v7i2.2430>

1 Pendahuluan

Klorin adalah salah satu bahan kimia yang paling banyak diproduksi dan digunakan di seluruh dunia [1]. Klorin termasuk golongan dengan nomor atom 17 dan berat atom 35,46, merupakan unsur yang sangat reaktif hampir dengan setiap unsur dapat langsung bereaksi [2]. Klorin berbentuk gas berwarna kuning kehijauan dengan bau yang menyengat dan mengiritasi [3]. Selain berbentuk gas, klorin juga bisa dalam bentuk bubuk, cair dan tablet [4]. Klorin memiliki banyak jenis, yaitu gas klorin (Cl_2), senyawa hipoklorit (OCl^-), kalsium hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] dan natrium hipoklorit (NaOCl) yang banyak digunakan dalam industri [5].

Klorin dalam jumlah besar diproduksi untuk digunakan sebagai disinfektan dan pemutih untuk keperluan rumah tangga dan industri [6]. Dalam kehidupan sehari-hari klorin banyak digunakan untuk keperluan seperti peralatan rumah tangga, alat-alat kesehatan, kertas, obat dan produk farmasi, pendingin, semprotan pembersih, pelarut, dan berbagai

produk lainnya [7]. Klorin juga digunakan sebagai disinfektan, pemutih kertas dan proses pembuatan tekstil [8]. Kertas yang telah diputihkan sering digunakan sebagai pembungkus. Selain dapat memutihkan warna kertas, klorin juga dapat menguatkan permukaan kertas [7]. Berbagai produk olahan dan bahan makanan seperti pembungkus teh celup [9], pembalut wanita [10] serta beras [11] telah dilaporkan mengandung bahan pemutih klorin.

Rokok merupakan hasil olahan tembakau berbentuk silinder yang terbungkus kertas dan dikonsumsi masyarakat untuk dihirup asapnya [12]. Kertas rokok adalah kertas tipis yang dirancang khusus untuk membungkus potongan tembakau pada rokok [13]. Jenis kertas rokok dibuat khusus dengan teknologi produksi dan persyaratan kualitas lebih tinggi dibandingkan kertas biasa. Bahan baku utamanya terbuat dari serat alami seperti bubur (*pulp*) rami yang diputihkan menggunakan penambahan bahan kimia seperti klorin, natrium hipoklorit atau klorin dioksida [14].

Klorin pada kertas rokok selain untuk memutihkannya juga berfungsi sebagai disinfektan, untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, virus atau jamur. Menurut Wigand [15], timbulnya perubahan warna bercak pada bagian kertas rokok merupakan akibat fermentasi mikrobiologis aktif [15].

Klorin merupakan senyawa oksidator kuat yang berbahaya jika masuk ke dalam tubuh manusia, dapat menyebabkan iritasi mata, kulit dan iritasi saluran pernafasan atas. Efek jangka panjang dapat menyebabkan gangguan obstruksi saluran pernafasan [16]. Efek yang ditimbulkan dari senyawa klorin tergantung pada jenis senyawa klorin, tingkat toksisitas senyawa tersebut serta kadar pada senyawa klorin [4]. Paparan gas reaktif ini dapat mengakibatkan efek toksik pada sistem pernapasan manusia atau hewan [3]. Efek paparan ringan dapat menyebabkan iritasi membran mukosa, sedangkan paparan yang lebih parah menyebabkan edema pada saluran napas bagian atas dan parenkim paru [17], [18]. Menghirup gas klorin atau minum sumber klorin yang sangat terkonsentrasi dapat menyebabkan muntah, tidak sadar, dan bahkan kematian [19].

Gas klorin ketika dihirup ke dalam saluran pernapasan pada konsentrasi di atas 30 ppm mulai bereaksi dengan air, yang kemudian mengubahnya menjadi asam klorida (HCl) dan asam hipoklorit (HOCl) [20]. Ketika orang menghirup gas klor akan merasakan sakit dan rasa panas atau pedih pada tenggorokan. Hal ini disebabkan pengaruh rangsangan terhadap selaput lendir (*mucus membrane*) yang menimbulkan batuk-batuk kering yang terasa pedih dan panas, waktu menarik napas terasa sakit dan sukar untuk bernapas, waktu bernapas terdengar suara desing seperti penderita asma atau bronchitis [3]. Paparan pada konsentrasi lebih tinggi dari 60 ppm akan menyebabkan kerusakan paru-paru yang tidak dapat dipulihkan [21].

Jalur masuk klorin ke dalam tubuh diantaranya melalui jalur pernafasan (hidung), ingesti dan kontak kulit. Kontak langsung melalui kulit dengan klorin bersifat iritan, maka efek yang ditimbulkan yaitu iritasi kulit dan mata [22]. Beberapa pengaruh klorin yang dapat memengaruhi kesehatan manusia seperti mengganggu pencernaan, menurunkan

sistem kekebalan tubuh, dapat menyebabkan kanker, merusak hati serta ginjal, mengganggu sistem saraf, dan gangguan sistem reproduksi yang dapat menyebabkan keguguran [4].

Analisis kuantitatif klorin dapat dilakukan dengan berbagai metode. Beberapa diantaranya menggunakan metode argentometri [23], spektrofotometri [24] dan iodometri [10]. Metode iodometri merupakan jenis titrasi redoks yang banyak digunakan karena memiliki keuntungan, diantaranya relatif sederhana, murah, tidak memerlukan keterampilan khusus atau keahlian tingkat tinggi.

Berdasarkan kajian pustaka analisis klorin secara iodometri belum ada yang melakukan optimasi suhu dan waktu perendaman terhadap sampel yang dianalisis. Sedangkan suhu dan waktu perendaman sangat berpengaruh terhadap jumlah kadar zat yang dianalisis. Faktor kelarutan suatu zat dalam air dipengaruhi oleh suhu dan waktu. Kedua faktor tersebut sangat menentukan kelarutan zat didalam air [25]. Tujuan penelitian ini adalah menentukan suhu dan waktu perendaman optimum terhadap kadar klorin pada kertas rokok filter (RF) dan kertas rokok non filter (RNF) menggunakan metode iodometri.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan teknik analisis secara kuantitatif menggunakan metode iodometri. Parameter yang diamati adalah kadar klorin pada kertas RF dan kertas rokok RNF. Variabel yang digunakan adalah suhu dengan variasi 25 °C, 50 °C, 75 °C, 100 °C, dan waktu perendaman 10 menit, 15 menit, 20 menit; 25 menit. Pada penentuan kadar klorin dilakukan analisis menggunakan titrasi secara iodometri dengan pengulangan masing-masing sebanyak tiga kali.

2.1 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, *hotplate*, *magnetic stirrer*, buret mikro, labu iod, kertas saring dan seperangkat alat gelas untuk titrasi. Semua bahan kimia dan reagen yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat analitis dan semua larutan dibuat dalam air suling (akuades). Bahan penelitian ini adalah kertas rokok, natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃),

kalium iodat (KIO_3), asam sulfat (H_2SO_4), kalium iodida (KI), asam asetat (CH_3COOH), amilum 1% dan akuades. Rokok filter (RF) dan rokok non filter (RNF) bermerek dibeli langsung dari supermarket lokal di kota Gresik.

2.2 Standarisasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan KIO_3

Diambil 10 ml larutan KIO_3 0,0100 N menggunakan pipet volume dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml bertutup, ditambahkan 10 ml KI 10%, 2,5 ml H_2SO_4 4 N kemudian dicampur hingga homogen. Larutan dititrasikan dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N sampai timbul warna kuning pucat, kemudian ditambahkan 1,0 ml indikator amilum 1 %. Titrasikan dilanjutkan hingga warna biru tepat hilang. Volume titrasikan dicatat dan dihitung normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

2.3 Preparasi Sampel

Kertas rokok dipisahkan dari tembakaunya dan dibersihkan dari sisa-sisa tembakau yang masih menempel. Kertas dipotong kecil-kecil secara seragam dan ditimbang sebanyak 0,2 gram. Kertas dimasukkan kedalam labu iod (erlenmeyer bertutup) untuk diperlakukan sesuai variasi suhu dan waktu perendaman.

2.4 Penentuan Kadar Klorin

2.4.1 Optimasi suhu

Sampel kertas RF dan RNF dimasukkan dalam labu iod (erlenmeyer bertutup) kemudian ditambahkan 50 ml akuades yang telah dipanaskan masing-masing dengan variasi 25 °C (suhu kamar), 50 °C, 75 °C dan 100 °C. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 2 menit kemudian didiamkan pada suhu kamar selama 15 menit. Larutan kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk dilakukan analisis kadar klorinnya.

2.4.2 Optimasi waktu perendaman

Sampel kertas RF dan RNF dimasukkan dalam labu iod kemudian ditambahkan 50 ml akuades yang telah dipanaskan pada suhu optimum yang telah didapatkan. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 2 menit kemudian didiamkan pada suhu kamar masing-masing selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Larutan kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk dilakukan analisis.

2.4.3 Analisis kualitatif

Sebanyak 20 ml filtrat sampel klorin dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer kemudian ditambahkan 6 ml KI 10%, 3 ml asam asetat (1:1) dan 2 ml amilum 1% dicampur hingga homogen. Jika larutan terbentuk warna biru menunjukkan bahan positif mengandung klorin.

2.4.4 Analisis kuantitatif

Sebanyak 20 ml filtrat sampel klorin dimasukkan ke dalam labu iod kemudian ditambahkan 6 ml KI 10% dan 3 ml asam asetat (1:1), dicampur hingga homogen. Selanjutnya larutan dititrasikan dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N sampai timbul warna kuning pucat kemudian ditambahkan 2,0 ml indikator amilum 1 %. Titrasikan dilanjutkan hingga warna biru tepat hilang. Jika pada saat penambahan asam asetat sudah membentuk warna kuning pucat langsung ditambahkan 2 ml indikator amilum 1% kemudian dititrasikan dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N sampai warna biru tepat hilang. Volume titrasikan dicatat digunakan untuk perhitungan kadar klorin.

2.4.5 Larutan blanko

Larutan blanko dilakukan sesuai prosedur penetapan kadar klorin tanpa menggunakan sampel. Sebagai pengganti digunakan akuades kemudian larutan dititrasikan dengan larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N. Kadar klorin dihitung menggunakan rumus sesuai persamaan (1).

$$\text{Kadar Cl}_2 \text{ (ppm)} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 35,5 \times 1000}{V} \times D \quad (\text{Persamaan 1})$$

Keterangan :

V_s = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk sampel (ml);

V_b = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk blanko (ml);

N = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

V = volume sampel (ml);

D = faktor pengencer

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel kertas rokok karena rokok oleh sebagian orang sudah dianggap menjadi kebutuhan hidup yang tidak dapat ditinggalkan. Berdasarkan laporan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 prevalensi merokok di Indonesia sebesar 33,8%. Saat ini sepertiga atau 36,3% penduduk

Indonesia adalah perokok [26]. Rokok dipilih berdasarkan penggunaannya dari jenis filter dan non filter yang sudah populer di masyarakat. Menurut [27] rokok filter adalah rokok yang pada bagian pangkalnya terdapat gabus, sedangkan rokok non-filter pada bagian pangkalnya tidak terdapat gabus [27].

Rokok berbahaya bagi kesehatan karena dalam asap rokok mengandung sekitar 4000 bahan kimia dan 43 diantaranya beracun [26]. Rokok adalah salah satu penyebab utama kanker, terutama kanker paru-paru [28]. Menurut [29], asap rokok mengeluarkan berbagai gas beracun, bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti kardiovaskular, kemandulan dan impotensi, penyakit paru obstruktif kronis dan kanker paru [29]. Salah satu gas yang dihasilkan pada asap rokok adalah gas CO dan klorin, hasil pembakaran rokok termasuk kertas pembungkusnya.

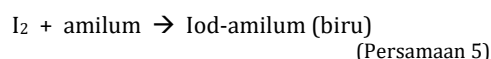
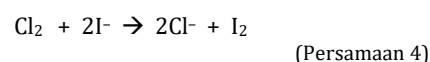
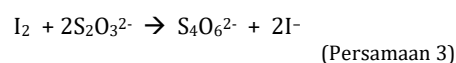
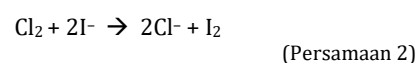
Kertas rokok adalah suatu kertas lembaran tipis yang dirancang khusus dengan teknologi produksi dan persyaratan kualitas untuk membungkus potongan tembakau [13]. Kertas yang digunakan pada setiap rokok memiliki kualitas yang berbeda tergantung jenis dan mereknya. Pada penelitian ini sampel kertas RF dan RNF dipisahkan dari tembakaunya. Kertas dibersihkan dari sisa-sisa tembakau yang masih menempel dan dipotong-potong secara seragam. Selanjutnya kertas direndam dalam air pada suhu dan waktu berbeda untuk mengetahui kelarutan optimal klorinnya.

Sebelum penentuan kadar klorin dilakukan standarisasi larutan standar sekunder natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dengan larutan standar primer kalium iodat (KIO_3). Tujuan standarisasi ini untuk mendapatkan konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang tepat. Menurut [30], larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ bersifat tidak stabil karena mudah mengalami penguraian. Kontak dengan karbon dioksida (CO_2) di udara menghasilkan keasaman, terurai menjadi ion hidrogen sulfat (HSO_3^-) dan oleh oksigen di udara mudah teroksidasi membentuk sulfur. Larutan natrium tiosulfat juga lebih cepat terdekomposisi dengan adanya bakteri udara *thiobacillus thioparus* sehingga menghasilkan konsentrasi yang lebih encer [30]. Menurut [31], semua anggota dari genus *thiobacillus* dapat memanfaatkan spesi tiosulfat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) sebagai

elektron donor dan CO_2 sebagai sumber karbon untuk nutrisinya [31].

Uji secara kualitatif dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan klorin pada kertas rokok yang diteliti. Hasil identifikasi pada kedua jenis kertas RF dan RNF didapatkan semua positif mengandung klorin. Klorin sebagai agen pengoksidasi (oksidator) kuat dengan penambahan KI dalam suasana asam akan mengoksidasi ion iodida menghasilkan iodium (I_2) bebas. Adanya iodium bebas dengan penambahan amilum akan membentuk kompleks iod-amilum berwarna biru.

Penetapan kadar klorin pada kedua jenis kertas rokok dilakukan optimasi suhu dan lama perendaman secara iodometri. Prinsip iodometri atau titrasi tidak langsung, yaitu oksidator kuat yang akan ditetapkan kadarnya direaksikan dengan ion iodida berlebih (I^-) untuk menghasilkan I_2 [30]. Klorin merupakan oksidator kuat akan mengoksidasi iodida (I^-) dari KI menghasilkan iodium/iod (I_2) bebas yang jumlahnya sebanding dengan banyaknya klorin yang bereaksi [32]. Reaksinya ditunjukkan sesuai persamaan 2.



Iodium bebas yang dihasilkan dititrasi dengan larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ menggunakan indikatoramilum. Banyaknya volume tiosulfat yang digunakan sebagai titran berbanding lurus dengan iod yang dihasilkan [33]. Reaksinya ditunjukkan pada persamaan 3.

Pada titrasi iodometri dilakukan suasana asam pada kisaran pH 5-9 dengan penambahan asam asetat untuk menghasilkan ion iodida

yang akan mereduksi klorin. Sebelum titik akhir titrasi ditambahkan indikator amilum untuk menunjukkan titik akhirititrasi, ditandai dengan perubahan warna dari biru menjadi tidak berwarna. Menurut [34], amilum akan bereaksi dengan iodium bebas yang terbentuk dari hasil oksidasi iodida oleh oksidator kuat klorin. Iodium akan diikat oleh amilum membentuk senyawa kompleks iod-amilum berwarna biru [34]. Reaksinya ditunjukkan pada persamaan (4) dan (5).

3.1 Optimasi Suhu

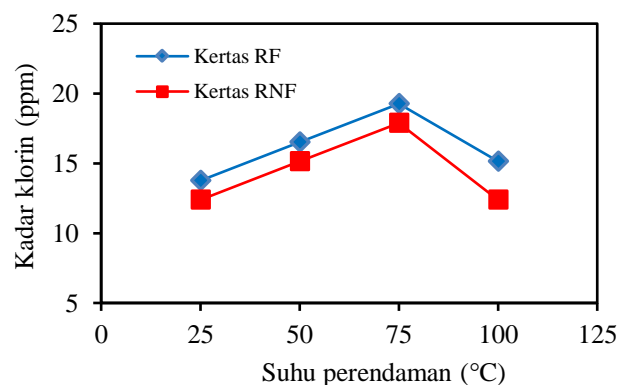
Pada penelitian ini dilakukan optimasi suhu dengan variasi 25 °C, 50 °C, 75 °C, dan 100 °C. Optimasi suhu dilakukan untuk mendapatkan suhu perendaman optimal sehingga semua klorin pada kertas rokok larut dalam air. Kadar klorin hasil optimasi suhu perendaman pada kertas RF dan RNF ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Kadar klorin hasil optimasi suhu perendaman pada kertas RF dan RNF

Suhu (°C)	Kadar klorin (ppm)			
	Kertas RF	Rerata ± SD	Kertas RNF	Rerata ± SD
25	16,51	13,76 ±	12,38	12,38 ±
	12,38	2,38	12,38	0,00
	12,38		12,38	
50	16,51	16,51 ±	16,51	15,13 ±
	16,51	0,00	16,51	2,38
	16,51		12,38	
75	20,63	19,26 ±	20,63	17,88 ±
	20,63	2,38	16,51	2,38
	16,51		16,51	
100	16,51	15,13 ±	12,38	12,38 ±
	16,51	2,38	12,38	0,00
	12,38		12,38	

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa pada perendaman suhu kamar (25°C) dari kedua jenis kertas RF dan RNF masing-masing didapatkan kadar klorin terendah, yaitu sebesar 13,76 ppm dan 12,38 ppm. Kadar klorin semakin meningkat pada perendaman suhu 50 °C dan 75 °C dari kedua jenis kertas rokok. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu jumlah klorin yang larut dalam air juga semakin banyak. Sesuai yang dinyatakan [35], bahwa kelarutan suatu zat dalam cairan bertambah dengan naiknya suhu [35]. Hal senada dinyatakan [36], bahwa semakin tinggi suhu akan mempercepat terjadinya proses pelarutan [36]. Demikian juga pernyataan [25], bahwa

semakin tinggi suhu akan mempercepat terjadinya reaksi, sehingga klorin mudah larut dalam air [25]. Menurut [5], klorin bersifat tidak stabil dan mudah larut dalam air. Ketika klorin bereaksi dengan bahan kimia atau air akan dilepaskan dalam bentuk gas [5]. Gas klorin yang larut dalam air kemudian dianalisis kadarnya secara iodometri.



Gambar 1. Kadar klorin hasil optimasi suhu perendaman pada kertas RF dan RNF

Pada perendaman suhu 75°C didapatkan kadar klorin tertinggi pada kedua jenis kertas RF dan RNF berturut-turut 19,26 ppm dan 17,88 ppm. Pada suhu ini dianggap sebagai suhu optimal karena diduga semua klorin pada kertas telah lepas larut dalam air. Sementara pada suhu 100 °C kadar klorin mengalami sedikit penurunan dari kedua jenis kertas rokok. Pada kertas RF dan RNF masing-masing didapatkan kadar klorin 15,13 ppm dan 12,38 ppm. Terjadinya penurunan disebabkan saat proses pengadukan pada suhu 100 °C, mempercepat penguapan gas klorin yang larut dalam air. Tekanan uap dalam labu iod semakin meningkat, sehingga tutup labu sedikit terdorong menyebabkan sebagian klorin lepas keluar. Grafik kadar klorin hasil optimasi suhu perendaman pada kertas RF dan RNF ditunjukkan pada Gambar 1.

3.2 Optimasi Waktu Perendaman

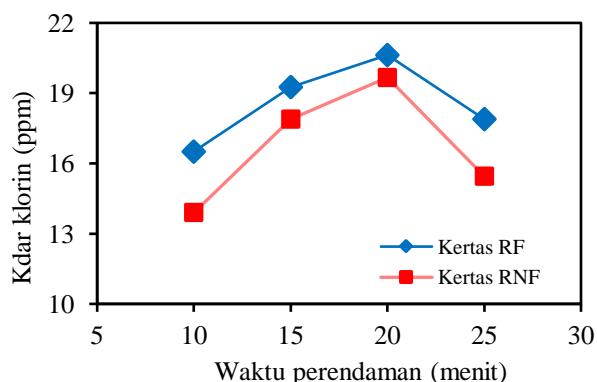
Selain optimasi suhu, penelitian ini juga dilakukan optimasi waktu perendaman dengan variasi 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Optimasi waktu perendaman dilakukan untuk mendapatkan waktu optimal ketika kertas direndam dalam air pada suhu optimum,

sehingga semua klorin pada kertas larut. Kadar klorin hasil optimasi waktu perendaman pada kertas RF dan RNF ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2 Kadar klorin hasil optimasi waktu perendaman pada kertas RF dan RNF

Waktu perendaman (menit)	Kadar klorin (ppm)			
	Kertas RF	Rerata ± SD	Kertas RNF	Rerata ± SD
10	16,51	16,51 ± 0,00	16,69	13,90 ± 2,41
	16,51		12,51	
	16,51		12,51	
15	20,63	19,26 ± 2,38	16,51	17,88 ± 2,38
	20,63		20,63	
	16,51		16,51	
20	20,63	20,63 ± 0,00	16,86	19,67 ± 2,41
	20,63		21,08	
	20,63		21,08	
25	20,63	17,88 ± 2,38	12,65	15,46 ± 2,41
	16,51		16,86	
	16,51		16,86	

Dari Tabel 2, terlihat bahwa waktu perendaman selama 10 menit pada kertas RF maupun RNF didapatkan kadar klorin sama-sama terendah, yaitu 16,51 ppm dan 13,90 ppm. Pada perendaman selama 15 menit dan 20 menit terjadi peningkatan kadar klorin dari kedua jenis kertas. Hal ini disebabkan semakin lama waktu perendaman semakin lama waktu kontak antara kertas dan air, sehingga jumlah klorin yang larut semakin banyak. Hal ini sesuai pernyataan Suyitno (1989), bahwa kelarutan suatu zat dalam air dipengaruhi oleh waktu. Semakin lama waktu kontak antara zat terlarut dan pelarut (air), semakin banyak zat yang dapat larut [25].



Gambar 2. Kadar klorin hasil optimasi suhu perendaman pada kertas RF dan RNF

Pada perendaman selama 20 menit kertas RF maupun RNF didapatkan kadar klorin sama-sama tertinggi, berturut-turut sebesar 20,63 ppm dan 19,67 ppm. Waktu ini dianggap sebagai waktu perendaman optimal, karena diduga semua klorin pada kertas telah larut dalam air. Sedangkan waktu perendaman 25 menit pada kedua jenis kertas RF dan RNF sama-sama mengalami penurunan, masing-masing sebesar 17,88 ppm dan 15,46 ppm. Hal ini disebabkan semakin lama perendaman semakin menurunkan suhu sehingga semua klorin yang terlarut dalam air sebagian akan teradsorpsi kembali kedalam kertas. Jumlah klorin yang terlarut dalam air ketika dianalisis akan didapatkan kadar lebih sedikit. Kadar klorin hasil optimasi waktu perendaman pada kertas RF dan RNF ditunjukkan pada Gambar 2.

Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh pada analisis klorin secara iodometri. Sampel berupa padatan perlu memerhatikan faktor suhu dan lama perendaman. Termasuk pengadukan, perlu dilakukan untuk memaksimalkan kelarutan klorin agar diperoleh hasil lebih teliti. Pada saat titrasi secara iodometri harus dilakukan secara cepat, karena sifat iodium yang mudah menguap. Kebanyakan titrasi iodometri dilakukan menggunakan labu iod atau dapat menggunakan labu erlenmeyer yang ditutup menggunakan plastik.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian optimasi suhu dan lama perendaman kertas NF dan RNF secara iodometri didapatkan rata-rata kadar klorin tertinggi pada suhu optimal 75 °C dengan waktu perendaman selama 20 menit. Pada kertas RF dan NRF didapatkan kadar klorin berturut-turut sebesar 20,63 ppm dan 19,67 ppm.

5 Pernyataan

5.1 Penyandang Dana

Penelitian ini tidak mendapatkan pendanaan dari sumber manapun.

5.2 Kontribusi Penulis

Semua penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

5.3 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan.

6 Daftar Pustaka

- [1] Achanta, S., & Jordt, S. E. (2021). Toxic effects of Chlorine Gas and Potential Treatments: a Literature Review, *Toxicology mechanisms and methods*, 31(4), 244-256.
- [2] Adiwisastro, A. (1989). *Sumber, Bahaya serta Penanggulangan Keracunan*, Bandung : Penerbit Angkasa.
- [3] Winder, C. (2001). The Toxicology of Chlorine, *Environmental research*, 85(2), 105-114.
- [4] Rahmi, S. (2016). Identifikasi Kualitatif klorin Pada Beras yang Diperjualbelikan Di Pasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, 1(2), 72-77.
- [5] PHS (Public Health Service). (2010). *Toxicological Profile For Chlorine*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Applied Toxicology Branch, Atlanta, Georgia.
- [6] WHO (World Health Organization). (2003). *Chlorine in Drinking-water*, World Health Organization, Geneva.
- [7] Hasan, A. (2006). Dampak Penggunaan Klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1). 90-96.
- [8] Sinuhaji, D. N. (2009). Perbedaan Kandungan Klorin (Cl₂) Pada Beras Sebelum dan Sesudah Dimasak. *Skripsi*, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara.
- [9] Wansi, S., & Wael, S. (2014). Analisis Kadar Klorin pada Teh Celup Berdasarkan Waktu Seduhan, *BIOPENDEX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, 1(1), 22-31.
- [10] Devianti, V. A., & Yulianti, C. H. (2018). Identifikasi dan Penetapan Kadar Klorin dalam Pembalut Wanita yang Beredar di Kelurahan Ketintang dengan Metode Titrasi Iodometri. *Journal Pharmasci*, 3(1), 9-12.
- [11] Sammulia, S. F., Marliza, H., & Siahaan, A. E. (2020). Identifikasi Zat Klorin (Cl) dalam Beras Putih (*Oryza Sativa*) Yang Beredar di Kota Batam. *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 5(3), 2878-2885.
- [12] Aji, A., Maulinda, L., & Amin, S. (2017). Isolasi Nikotin dari Puntung Rokok sebagai Insektisida. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(1), 100-120.
- [13] Lu, X.B, Dai L., & Zhang, B. (2018). Research Progress in Cigarette Paper Technology, *Transactions of China Pulp and Paper*, 33(2), 65-71.
- [14] Patt, R., Kordsachia, O., & Suttinger, R. (2012). *Paper and Pulp*, in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim.
- [15] Wigand, J. S. (2006). *Additives, Cigarette Design and Tobacco Product Regulation: A Report To World Health Organization Tobacco Free Initiative Tobacco Product Regulation Group*, Smoke-Free Kids, Inc., Mt Pleasant.
- [16] EPA (Environmental Protection Agency). (2003). *Totally Chlorine-Free Bleaching of Papergrade Kraft Pulps*, Supplemental Technical Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Pulp, Paper, and Paperboard Category Washington, D.C.
- [17] White, C. W., & Martin, J. G. (2010). Chlorine Gas Inhalation: Human Clinical Evidence of Toxicity and Experience In Animal Models. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7(4), 257-263.
- [18] Gorguner, M., & Akgun, M. (2010). Acute Inhalation Injury. *The Eurasian journal of medicine*, 42(1), 28.
- [19] Gao, Z. X., Li, H. F., Liu, J., & Lin, J. M. (2008). A Simple Microfluidic Chlorine Gas Sensor Based on Gas-Liquid Chemiluminescence of Luminol-Chlorine System. *Analytica Chimica acta*, 622(1-2), 143-149.
- [20] Samal, A., Honovar, J., White, C. R., & Patel, R. P. (2010). Potential for chlorine gas-induced injury in the extrapulmonary vasculature. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7(4), 290-293.
- [21] Byun, K. H., Han, S. H., Yoon, J. W., Park, S. H., & Ha, S. D. (2021). Efficacy of Chlorine-Based Disinfectants (Sodium Hypochlorite and Chlorine Dioxide) on Salmonella Enteritidis Planktonic Cells, Biofilms on Food Contact Surfaces and Chicken Skin. *Food Control*, 123, 107838.
- [22] Hayat, F. (2020). Analisis kadar klor bebas (Cl₂) dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat di sepanjang sungai Cidanau Kota Cilegon. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Mulawarman (JKMM)*, 2(2), 64-69.
- [23] Alfitri, O., Dhanti, K. R., & Wardani, D. P. K. (2021). Analisis Senyawa Klorin (Cl₂) Pada Beras yang Dijual Di Pasar Sokaraja Kabupaten Banyumas. *Jurnal Kesehatan*, 14(1), 11-19.
- [24] Taufiq, T & Ukhro, J (2021). Analisis Kandungan Klorin Pada Pembalut Wanita Dan Popok Dewasa Secara Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Kesehatan Yamas Makassar*, 5(1), 97-104.
- [25] Suyitno. (1989). *Petunjuk Laboratorium Rekayasa Pangan*, Yogyakarta: Pangan dan Gizi UGM.
- [26] Kemenkes RI. (2018). *Hasil Riset Kesehatan Dasar Tahun 2018*, Kementerian Kesehatan RI, 53(9), 1689-1699.
- [27] Lianzi, I., & Pitaloka, E. (2014). Hubungan Pengetahuan tentang rokok dan perilaku merokok pada staf administrasi Universitas Esa Unggul, *Indonesian of Health Information Management Journal (INOHIM)*, 2(1), 67-81.

- [28] Sukmana, T. (2009). *Mengenal Rokok Dan Bahayanya*. Jakarta: *Be Champion*.
- [29] Marieta A & Lestari K. 2022. Narrative Review : Rokok dan Berbagai Masalah Kesehatan yang Ditimbulkannya, *Jurnal Farmaka*, 20(2), 56-63.
- [30] Widodo & Lusiana (2010), *Kimia Analisis Kuantitatif*, Jakarta : Graha Ilmu.
- [31] Barbosa, V.L., Atkins, S.D., Barbosa, V.P., Burgess, J.E., Stuetz, R.M. (2006, March) Characterization of *Thiobacillus thioparus* Isolated from an Activated Sludge Bioreactor used for Hydrogen Sulfide Treatment, *Journal of Applied Microbiology*, 101, 1269-1281.
- [32] Gandjar, Ibnu Gholib, and Abdul Rohman. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*, Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.
- [33] Ulfa, A. M. (2015). Penetapan Kadar Klorin (Cl_2) pada Beras Menggunakan Metode Iodometri, *Holistik Jurnal Kesehatan*, 9(4), 1-4.
- [34] Sulistyarti, H., Atikah, A., Fardiyah, Q., Febriyanti, S., & Asdauna, A. (2015). A Simple and Safe Spectrophotometric Method for Iodide Determination, *Makara Journal of Science*, 19(2), 43-48.
- [35] Yazid, E. (2015). *Kimia Fisika Untuk Mahasiswa Kesehatan*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar,
- [36] Santoso, I. R., & Purbaningtias, T. E. (2017). Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorin dalam Beras dengan Titrasi Argentometri, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, 277-285.