

PERBANDINGAN KUALITAS PRODUK SODIUM HYPOCHLORITE MONOPOLAR ELECTROLYZER DENGAN BIPOLAR ELECTROLYZER PADA INDUSTRI KLOR-ALKALI

Agatha Rifda Tsabita¹, 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. Tol Surabaya-Mojokerto No. Km. 44, Kramat Temenggung, Kec. Tarik, Kabupaten Sidoarjo 61265, Indonesia

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

ABSTRAK

Industri klor-alkali merupakan salah satu jenis industri yang menggunakan proses elektrolisis dengan produk samping berupa *excess* gas Cl₂. Lepasnya gas Cl₂ sangatlah berbahaya, sehingga pemanfaatan *excess* gas Cl₂ dapat membantu untuk mengurangi tingkat bahaya tersebut. NaOCl atau *Sodium Hypochlorite* merupakan salah satu bahan kimia yang didapatkan dari pereaksian antara NaOH atau Natrium Hidroksida dengan gas Cl₂. Terdapat dua jenis alat proses elektrolisis, yaitu *Monopolar Electrolyzer* dan *Bipolar Electrolyzer* untuk memproduksi bahan baku dari pembuatan NaOCl atau *sodium hypochlorite*. Selain kadar klor aktif sebagai Cl₂ dan pengujian kadar alkali bebas sebagai NaOH yang sesuai dengan SNI, tingkat kejernihan juga menjadi salah satu pertimbangan pelanggan. Berdasarkan dua jenis alat tersebut, terdapat perbedaan kejernihan produk NaOCl atau *sodium hypochlorite*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab adanya perbedaan kualitas produk antara *Monopolar Electrolyzer* dengan *bipolar Electrolyzer*. Analisis yang dilakukan adalah pengujian kadar klor aktif dan pengujian kadar alkali bebas dengan titrasi, serta pengecekan tingkat kejernihan produk dengan pengamatan fisik. Berdasarkan hasil analisis, terdapat perbedaan tingkat kejernihan produk yang disebabkan karena perbedaan proses *treatment brine* sebelum masuk *Electrolyzer*, *treatment* gas Cl₂ keluaran *Electrolyzer*, *treatment* dalam penurunan konsentrasi NaOH, dan perancangan alat serta utilitasnya.

Kata kunci: elektrolisis, kejernihan, klorin, natrium hidroksida, sodium hypochlorite

ABSTRACT

The chlor-alkali industry is one type of industry that uses the electrolysis process with by-product in the form of excess Cl₂ gas. The release of Cl₂ gas is very dangerous, so the utilization of excess Cl₂ gas can help to reduce the level of danger. NaOCl or Sodium Hypochlorite is one of the chemicals obtained from the reaction between NaOH or Sodium Hydroxide with Cl₂ gas. There are two types of electrolysis process equipment, namely Monopolar Electrolyzer and Bipolar Electrolyzer to produce raw materials from the making of NaOCl or sodium hypochlorite. Beside the active chlorine content as Cl₂ and the testing of free alkali content as NaOH in accordance with SNI, the level of clarity is also one of the customer's concerns. This research aims to analyze the causes of differences in product quality between Monopolar Electrolyzer and Bipolar Electrolyzer. The analysis carried out testing the active chlorine content and testing the free alkali content by titration, as well as checking product clarity by physical observation. Based on the results of the analysis, there are differences in product clarity levels caused by differences in brine treatment processes before entering the Electrolyzer, treatment of Electrolyzer output Cl₂ gas, treatment in reducing NaOH concentration, and design of equipment and utilities.

Keywords: electrolysis, clarity, chlorine, sodium hydroxide, sodium hypochlorite

Corresponding author: Sandra Santosa

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

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

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



1. PENDAHULUAN

Natrium Hipoklorit atau *Sodium Hypochlorite* (NaOCl) merupakan senyawa berbahan dasar klor dengan berat molekul 74,44 yang berwarna kuning muda atau hijau dalam larutan air [1]. Larutan tersebut dibuat dengan mereaksikan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan gas Klorin (Cl_2). Klorin memiliki wujud gas yang berwarna kuning kehijauan dengan bau cukup menyengat, sehingga sangat berbahaya jika klorin tersebut terhirup [2]. Dapat dilihat bahwa sifat klorin cukup membahayakan untuk kesehatan manusia. Klorin dalam bentuk produk kimia buatan juga dapat menimbulkan dampak berbahaya terhadap lingkungan, seperti penipisan lapisan ozon dan pemanasan global. Maka dari itu, perlu pengolahan lanjutan untuk mengubah gas klorin menjadi produk yang bermanfaat. Klorin dapat dimanfaatkan sebagai disinfektan pada pengolahan air minum, pemutih dan penghalus pada industri tekstil, serta dapat menguatkan permukaan kertas pada industri *pulp and paper* [3].

Elektroklorinasi adalah teknik yang digunakan untuk menghasilkan *sodium hypochlorite* atau NaOCl cair dari larutan natrium klorida dengan menggunakan arus listrik searah (DC atau *Direct Current*). *Chlorination* merupakan proses yang dilakukan dengan mengolah air laut menggunakan metode elektrolisis yang menghasilkan NaOCl [4]. Pada proses elektrolisis menghasilkan disinfektan berupa *sodium hypochlorite* atau NaOCl dan menghasilkan gas *hydrogen* [5]. Proses elektrolisis menggunakan sel membran merupakan teknologi paling modern dalam industri klor alkali dengan menggunakan membran semipermeabel untuk memisahkan kompartemen anoda dan katoda [6]. Elektrolisis dengan metode sel membran terdapat dua jenis, yaitu *Monopolar Electrolyzer* yang kutub anoda dan kutub katoda terpisah dan *Bipolar Electrolyzer* yang kutub anoda dan kutub anoda berada pada satu rangkaian [7]. Sisi anoda diumpangkan dengan air yang mengandung NaCl dan katoda akan diumpangkan NaOH untuk menghasilkan asam dan kaustik serta pembentukan klorin berlebih [8].

Sodium hypochlorite atau NaOCl banyak digunakan sebagai komponen utama pembersih dengan efek pemutih dan sterilisasi yang sangat baik, serta dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dan sterilisasi di pabrik makanan [9]. NaOCl juga dapat digunakan sebagai pengolahan limbah. Keuntungan yang didapat, yaitu NaOCl memiliki sifat larutan yang mudah menguap, sehingga tidak perlu dikhawatirkan akan terlarut di dalam air dan masuk ke dalam rantai makanan ekosistem perairan. Selain itu pada pengolahan limbah, NaOCl juga dapat digunakan sebagai disinfektan, karena sangat efektif dalam membunuh bakteri dan protozoa [10]. NaOCl berfungsi sebagai disinfektan yang dipengaruhi oleh klorin yang memiliki kemampuan sebagai agen penginaktivasi enzim mikroba, sehingga klorin dapat bertindak sebagai disinfektan yang baik [11]. Selain itu, industri yang memanfaatkan bahan kimia tersebut adalah industri kertas sebagai bahan baku utama pada proses *bleaching* [12]. NaOCl memiliki sifat mudah rusak dan mengalami penurunan konsentrasi akibat mudahnya klorin terlepas dari ikatan NaOCl saat kontak dengan air ataupun udara, sehingga tempat penyimpanan larutan tersebut sangat perlu untuk diperhatikan [13].

Industri klor-alkali merupakan salah satu jenis industri dengan proses produksi menggunakan metode elektrolisis yang tentunya menggunakan energi listrik tinggi [14]. PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk merupakan salah satu industri klor-alkali yang memproduksi bahan-bahan kimia dengan dengan proses utama berupa elektrolisis. Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk merupakan bagian yang memproduksi bahan-bahan kimia. Divisi

tersebut juga memproduksi *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang merupakan produk samping dari proses elektrolisis pada industri klor-alkali. Alat utama yang digunakan dalam proses elektrolisis pada Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk adalah *Monopolar Electrolyzer* atau disebut dengan Soda Membran 1 dan *Bipolar Electrolyzer* atau disebut dengan Soda Membran 2. Kualitas dari produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl baik konsentrasi yang sesuai standar, maupun kejernihan yang dapat dilihat secara fisik akan menjadi pertimbangan pelanggan untuk proses jual beli. Muncul suatu permasalahan karena terdapat perbedaan tingkat kejernihan antara produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl dari Soda Membran 1 dengan Soda Membran 2 pada Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab adanya perbedaan kualitas produk pada masing-masing jenis alat yang tentunya juga akan dilakukan analisis untuk mengetahui konsentrasi produk dari masing-masing jenis alat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan pada Laboratorium QC Soda Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk pada bulan Oktober tahun 2023. Pada penelitian tersebut, akan dilakukan pengambilan beberapa data, yaitu pengecekan kadar produk menggunakan metode titrasi dan pengamatan fisik untuk variabel kejernihan. Lama waktu pengambilan data berada pada rentang waktu satu minggu, sehingga produk-produk yang akan dilakukan analisis baik Soda Membran 1 maupun Soda Membran 2 merupakan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang dihasilkan pada minggu ke-4 bulan Oktober tahun 2023.

2.1. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian tersebut akan dilakukan pengecekan kadar produk atau konsentrasi yang terkandung dalam produk menggunakan metode titrasi, sehingga dibutuhkan persiapan alat dan bahan untuk menunjang pengujian kadar produk tersebut. Alat yang dibutuhkan adalah serangkaian alat titrasi. Sedangkan, bahan yang dibutuhkan adalah beberapa larutan, yaitu KI 10%, H₂SO₄ 10%, Na₂S₂O₃ 0,1N, HCl 0,1N, indikator *phenolphthalein*, dan indikator *starch*. Sedangkan, untuk pengujian tingkat kejernihan dilakukan dengan pengamatan fisik, sehingga tidak ada alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk menunjang pengambilan data tersebut.

2.2. Tahap Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan rentang waktu satu minggu dalam bulan Oktober tahun 2023, yaitu pada minggu ke-4. Hal tersebut dilakukan karena proses pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl pada Soda Membran 1 tidak setiap hari dilakukan atau sesuai permintaan saja. Sedangkan, pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl dilakukan setiap hari. Maka dari itu, penentuan rentang waktu tersebut dapat mempermudah pengambilan data pada penelitian ini.

2.3. Tahap Analisis

Terdapat dua parameter pengujian kadar produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl, yaitu pengujian kadar klor aktif sebagai Cl₂ dan pengujian kadar alkali bebas sebagai NaOH. Referensi yang digunakan dalam melakukan pengujian *sodium hypochlorite* atau NaOCl adalah SNI 0081:2015 [15] dan ASTM D2022-89–2016 [16]. Prosedur pengujian dua parameter tersebut dilakukan dengan cara yang sama, tetapi berbeda pada bagian titrasi.

Prosedur tersebut diawali dengan menimbang 10 gram *sodium hypochlorite* atau NaOCl pada labu ukur 250 ml yang telah diberi sedikit air, mengencerkan larutan menggunakan air demineralisasi hingga tanda batas, dan mengambil dua sampel pada labu kerucut sebanyak masing-masing 10 ml. Sampel pertama digunakan untuk pengujian kadar klor aktif sebagai Cl₂ dengan menambahkan larutan KI 10% sebanyak 10 ml dan larutan H₂SO₄ 10% sebanyak 5 ml, lalu menitrasi menggunakan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N hingga kuning. Menambahkan indikator *starch* untuk mempermudah melihat perubahan warna dan menitrasi kembali menggunakan Na₂S₂O₃ 0,1 N hingga bening. Sampel kedua digunakan untuk pengujian kadar alkali bebas sebagai NaOH dengan menambahkan indikator *phenolphthalein* dan titrasi menggunakan larutan HCl 0,1 N hingga tidak berwarna.

Terdapat dua perhitungan yang digunakan untuk menentukan kadar produk *sodium hypochlorite*, yaitu kadar klor aktif sebagai Cl₂ pada Persamaan (1) dan kadar alkali bebas sebagai NaOH pada Persamaan (2).

$$\%NaOCl = \frac{8,8625 \times f \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(0,1N) \times \text{ml Titrasi Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(0,1N)}{\text{Berat Sampel(gram)}} \quad (1)$$

$$\%NaOH = \frac{10 \times f \text{ HCl}(0,1N) \times \text{ml Titrasi HCl}(0,1N)}{\text{Berat Sampel(gram)}} \quad (2)$$

Sedangkan pada analisis produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl untuk parameter tingkat kejernihan dilakukan dengan cara pengamatan fisik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sodium hypochlorite atau NaOCl merupakan salah satu produk yang dijual oleh Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Mulanya pengolahan *sodium hypochlorite* hanya digunakan sebagai *safety* atau keamanan untuk menghindari rilisnya gas Cl₂ ke udara. Namun, karena *sodium hypochlorite* atau NaOCl memiliki nilai guna yang cukup tinggi, maka dijadikanlah produk samping dari proses pembuatan NaOH. *Sodium hypochlorite* atau NaOCl dapat digunakan sebagai penunjang proses produksi pada beberapa industri, seperti tekstil, *pulp and paper*, dan pengolahan air, serta dapat digunakan sebagai bahan pemutih dan bahan pembuatan disinfektan. Produk yang akan dijual tentunya harus memiliki standar atau spesifikasi untuk mempertahankan nilai mutu dari produk tersebut. *Sodium hypochlorite* atau NaOCl yang akan dijual harus memiliki spesifikasi berupa %NaOCl atau konsentrasi kandungan NaOCl sebesar 12±2% dan %NaOH atau konsentrasi kandungan NaOH sebesar maksimal 2,0%. Spesifikasi tersebut telah sesuai dengan SNI 0081:2015 atau Standar Nasional Indonesia yang dikeluarkan oleh BSN atau Badan Standarisasi Nasional dan tentunya masih berlaku hingga saat ini. SNI 0081:2015 yang digunakan sebagai acuan spesifikasi produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl 12% adalah SNI 0081:2015 [15].

Pada Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk memiliki dua jenis produk *sodium hypochlorite*, yaitu *sodium hypochlorite* Soda Membran 1 yang dibuat dari NaOH dan Cl₂ hasil *Monopolar Electrolyzer* dan *sodium hypochlorite* Soda Membran 2 yang dibuat dari NaOH dan Cl₂ hasil *Bipolar Electrolyzer*. Secara keseluruhan proses yang terjadi sama, yaitu elektrolisis NaCl yang nantinya akan menghasilkan produk utama berupa NaOH serta produk samping berupa gas Cl₂ dan gas H₂. Perlu diketahui bahwa Cl₂ merupakan gas yang berbahaya jika sampai lepas di udara. Maka dari itu, terdapat pengolahan *excess gas* Cl₂ untuk keperluan

safety. Pengolahan ini dilakukan dengan mengontakkan gas Cl_2 yang akan lepas di udara dengan NaOH 32% yang telah diatur konsentrasinya hingga minimal 15% dengan penambahan air demineralisasi. Dalam proses pengolahannya, NaOH akan disirkulasikan untuk dikontakkan dengan gas Cl_2 secara *continue* hingga konsentrasi NaOH turun sampai 1-2% dan menghasilkan larutan *sodium hypochlorite* atau NaOCl dengan konsentrasi minimal 12%.

Tabel 1 menunjukkan hasil analisis titrasi pada dua parameter pengujian produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl, yaitu pengujian kadar klor aktif sebagai Cl_2 dan pengujian kadar alkali bebas sebagai NaOH. Selain itu, juga menunjukkan hasil analisis tingkat kejernihan dengan pengamatan fisik. Data yang dipaparkan merupakan data yang diambil dengan rentang waktu pengambilan data selama satu minggu.

Tabel 1. Hasil analisis produk *sodium hypochlorite* (NaOCl) Soda Membran 1 dan Soda Membran 2

Nomor Sampel	SM1/SM2	Tanggal Produksi	Parameter		
			%NaOH	%NaOCl	Kejernihan
1	SM1	23-10-2023	1,277	13,831	+
2	SM2	23-10-2023	1,434	13,890	+++
3	SM2	24-10-2023	1,390	13,826	++
4	SM2	25-10-2023	1,178	13,630	+++
5	SM1 + SM2	26-10-2023	1,361	13,301	+++
6	SM2	27-10-2023	1,204	13,699	++

*Keterangan :

SM1 = Soda Membran 1

SM2 = Soda Membran 2

SM1 + SM2 = Bahan baku dari Soda Membran 1 dan pemasakan di Soda Membran 2

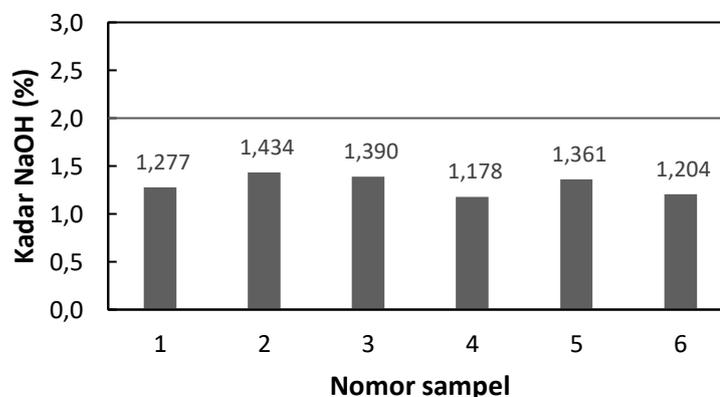
(+) = Kurang jernih

(++) = Cukup jernih

(+++)= Jernih

Setelah melakukan percobaan dengan pengambilan sampel *sodium hypochlorite* atau NaOCl selama satu minggu, didapatkan enam sampel yang dilakukan pengujian. Terdapat satu sampel yang diproduksi menggunakan NaOH dan *excess* gas Cl_2 dari Soda Membran 1, serta dilakukan proses pengolahan atau pemasakan pada Soda Membran 1 juga. Jumlah sampel yang cukup sedikit ini, dikarenakan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl hasil pengolahan atau pemasakan di Soda Membran 1 hanya digunakan sebagai *inner use* pabrik saja, sehingga akan dilakukan pemasakan hingga memenuhi spesifikasi yang berlaku ketika adanya permintaan saja. Terdapat empat sampel yang diproduksi menggunakan NaOH dan *excess* gas Cl_2 dari Soda Membran 2, serta dilakukan proses pengolahan atau pemasakan pada Soda Membran 2. Sampel yang didapatkan dari pengolahan ini cukup banyak. Hal tersebut dikarenakan permintaan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl dari luar pabrik cukup banyak, bahkan setiap harinya akan dilakukan pengiriman produk ke luar pabrik. Kemudian, terdapat satu sampel yang diproduksi menggunakan NaOH dan *excess* gas Cl_2 dari Soda

Membran 1, tetapi dilakukan proses pengolahan atau pemasakan pada Soda Membran 2. Hal tersebut terjadi karena adanya permintaan pengiriman produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl oleh pihak luar pabrik ketika Soda Membran 2 mengalami *shut down*. Kondisi tersebut tetap mengharuskan adanya pengiriman, sehingga dilakukan proses produksi *sodium hypochlorite* atau NaOCl dengan melakukan pengolahan atau pemasakan pada Soda Membran 2 menggunakan bahan baku yang dihasilkan dari Soda Membran 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 2 lebih jernih dibandingkan dengan produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1. Namun, jika dilihat berdasarkan %NaOH dan %NaOCl pada kedua masing-masing jenis alat tersebut masih masuk ke dalam spesifikasi yang ada, yaitu SNI 0081:2015 [15]. Pada SNI tersebut juga dijelaskan bahwa syarat lulus uji produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl apabila memenuhi syarat mutu pada pasal yang tertera.

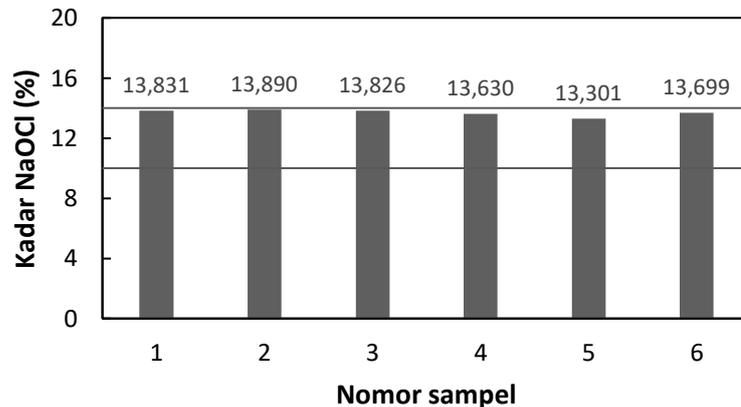


Gambar 1. Hasil analisis kadar NaOH pada masing-masing sampel

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl baik pada Soda Membran 1 maupun pada Soda Membran 2 memiliki kadar NaOH yang sesuai dengan spesifikasi. Berdasarkan SNI 0081:2015 atau Standar Nasional Indonesia, kandungan NaOH pada produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl sebesar maksimal 2,0%. Pada masing-masing sampel telah sesuai dengan SNI 0081:2015 yang dikeluarkan oleh BSN atau Badan Standarisasi Nasional dan tentunya masih berlaku hingga saat ini. SNI 0081:2015 yang digunakan sebagai acuan spesifikasi produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl adalah SNI 0081:2015 [15]. Ketika produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl masih mengandung kadar NaOH yang tinggi, maka akan disirkulasikan atau dikontakkan kembali dengan gas Cl₂ untuk menghasilkan produk sesuai dengan standar yang berlaku.

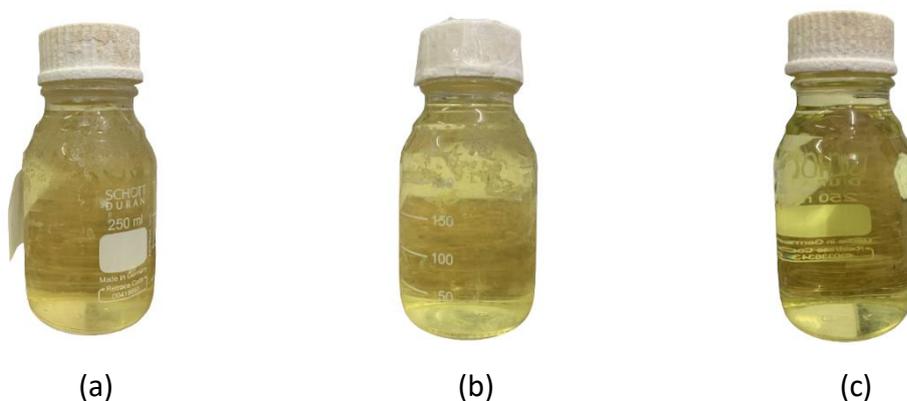
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa *sodium hypochlorite* atau NaOCl dari Soda Membran 1 dan Soda Membran 2 menghasilkan produk dengan kadar NaOCl yang telah sesuai dengan SNI 0081:2015. Berdasarkan SNI 0081:2015 yang berlaku, kandungan NaOCl pada produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl sebesar 12±2%. Pada sampel 1 hingga sampel 6 memiliki kadar NaOCl sekitar 13% yang menunjukkan bahwa kadar tersebut masuk ke dalam rentang spesifikasi SNI 0081:2015 [15]. Produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang dihasilkan sudah layak untuk dijual karena telah sesuai dengan standar yang berlaku. Namun, pemilihan kemasan perlu diperhatikan karena produk tersebut memiliki sifat mudah rusak dan mengalami penurunan konsentrasi akibat mudahnya klorin terlepas dari ikatan saat kontak

dengan air ataupun udara. Semakin cepat bahan *sodium hypochlorite* atau NaOCl rusak maka akan menyebabkan bahan tersebut tidak dapat digunakan yang nantinya justru akan menambah limbah [17]. Berdasarkan SNI juga dijelaskan bahwa pengemasan *sodium hypochlorite* atau NaOCl dikemas dalam wadah yang tertutup rapat, kuat, dan tidak mempengaruhi isi serta aman selama transportasi, distribusi, dan penyimpanan.



Gambar 2. Hasil analisis kadar NaOCl pada masing-masing sampel

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 2 lebih jernih dibandingkan dengan produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1. Namun, jika dilihat berdasarkan %Hypo dan %NaOH kedua jenis produk tersebut masih masuk ke dalam spesifikasi yang ada. Tingkat kejernihan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl tidak masuk ke dalam SNI 0081:2015 yang dijadikan acuan untuk menentukan spesifikasi. Namun produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang tingkat kejernihannya lebih tinggi akan digunakan untuk penjualan ke luar PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Sedangkan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang tingkat kejernihannya cenderung rendah akan digunakan untuk menunjang proses produksi di dalam PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk. Berikut merupakan hasil analisis tingkat kejernihan yang dilakukan dengan pengamatan secara fisik.



Gambar 3. Hasil analisis tingkat kejernihan secara fisik: a) Tingkat kejernihan (+), b) Tingkat kejernihan (++), c) Tingkat kejernihan (+++)

Setelah dilakukan percobaan di laboratorium untuk melakukan analisis konsentrasi kandungan pada produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl, maka selanjutnya akan dilakukan analisis proses yang terjadi di lapangan dalam melakukan pengolahan *sodium hypochlorite* atau NaOCl baik di Soda Membran 1 maupun di Soda Membran 2. Perbedaan tingkat kejernihan dari produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 1 dengan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 2 dapat terjadi karena beberapa hal, seperti proses *treatment brine* sebelum masuk *Electrolyzer*, *treatment* gas Cl₂ keluaran *Electrolyzer*, *treatment* dalam penurunan konsentrasi NaOH, dan perancangan alat serta utilitasnya. Perbedaan tingkat kejernihan pada produk *sodium hypochlorite* dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari segi produk *excess* gas Cl₂ yang dihasilkan dari Soda Membran 1 berbeda dengan Soda Membran 2. Jika dilihat dari proses *treatment brine* sebelum masuk ke dalam *monopolar Electrolyzer* cukup berbeda dengan *treatment brine* sebelum masuk ke dalam *Bipolar Electrolyzer*. Pada Soda Membran 1 yang menggunakan *Monopolar Electrolyzer*, terdapat penambahan air demineralisasi untuk menurunkan konsentrasi *brine* sesuai dengan besaran yang ditentukan. Selain itu, juga dilakukan pemanasan menggunakan *steam* untuk menaikkan *temperature* dari *brine* sebelum masuk ke dalam *Monopolar Electrolyzer*. Sedangkan, pada Soda Membran 2 yang menggunakan *Bipolar Electrolyzer*, terdapat penambahan HCl atau indikator asam untuk memberikan suasana asam pada *brine* yang akan masuk ke dalam *Bipolar Electrolyzer*. Penambahan HCl untuk mengatur pH dalam kondisi asam bertujuan agar umur elektroda pada sel elektrolisis tahan lama [18]. Selain itu, *Bipolar Electrolyzer* merupakan sel membran elektrolisis yang bekerja dalam suasana asam. Hal tersebut tentunya mempengaruhi *excess* gas Cl₂ yang dihasilkan. Pengotor atau *impurities* pada *excess* gas Cl₂ akan semakin sedikit, karena gas-gas atau pengotor yang tidak dapat bereaksi pada kondisi asam akan secara otomatis *ter-reject*. Itulah yang menyebabkan *excess* gas Cl₂ yang dihasilkan pada Soda Membran 2 lebih sedikit pengotornya dan dapat mempengaruhi produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl yang diproduksi.

Pada pengolahan *sodium hypochlorite* atau NaOCl pada Soda Membran 1 menggunakan *excess* gas Cl₂ hasil keluaran *packed dryer*. Dalam proses pengeringan pada *packed dryer* menggunakan bantuan H₂SO₄ untuk mengikat kandungan air pada gas Cl₂. H₂SO₄ dapat menjadi bahan penunjang untuk pengeringan Cl₂, karena Cl₂ basah akan bersifat korosif, sehingga harus dilakukan pengeringan dengan H₂SO₄ pekat untuk penyerapan air yang terkandung di dalam Cl₂ [18]. Sedangkan pada Soda Membran 2, *excess* gas Cl₂ di-*inject* dari hasil keluaran *Bipolar Electrolyzer* secara langsung dan bukan hasil keluaran dari *packed dryer*. Hal tersebut dapat mempengaruhi hasil *sodium hypochlorite* atau NaOCl.

Selain itu, pada pembuatan larutan *sodium hypochlorite* atau NaOCl akan dilakukan penurunan konsentrasi NaOH menjadi ±15%. Namun prosedur penurunan konsentrasi pada Soda Membran 1 dengan Soda Membran 2 terdapat perbedaan. Pada Soda Membran 1 akan dilakukan penurunan konsentrasi secara manual pada *storage tank* hingga konsentrasi NaOH turun menjadi ±15% menggunakan air demineralisasi. Lalu akan dikontakkan dengan gas Cl₂ pada absorber dengan cara disirkulasikan. Sedangkan pada Soda Membran 2, penurunan konsentrasi dilakukan dengan cara disirkulasi pada absorber dan kondisi *valve* Cl₂ masuk akan ditutup terlebih dahulu. Hingga konsentrasi NaOH turun menjadi ±15%, maka *valve* Cl₂ akan dibuka dan dilakukan pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl pada absorber tersebut.

Perancangan alat pada proses pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl pada Soda Membran 1 berbeda dengan Soda Membran 2. Perlu diketahui bahwa Soda Membran 1 lebih dahulu berdiri dibandingkan dengan Soda Membran 2. Perancangan alat pada proses pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 1 dibuat hanya untuk *emergency* saja, sehingga aliran air demineralisasi yang digunakan untuk penurunan konsentrasi di-*inject* dari aliran yang tidak bisa dipastikan tingkat kemurniaannya. Kebutuhan *emergency* tersebut digunakan untuk penangkapan gas Cl_2 *excess* yang ditakutkan rilis ke lingkungan. Sehingga, dilakukan sirkulasi saja namun tidak dilakukan pemasakan. Sedangkan perancangan alat pada proses pemasakan *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 2 memang dibuat untuk melakukan proses produksi dan dijual. Sehingga aliran utilitas, seperti air demineralisasi di-*inject* dari aliran yang benar-benar murni. Selain itu, umur alat dari Soda Membran 1 juga lebih tua dibandingkan dengan Soda Membran 2. Hal tersebut dimungkinkan terdapat kandungan Fe yang ikut masuk ke dalam produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1. Perancangan alat dan umur alat tersebut tersebut tentunya berpengaruh terhadap hasil *sodium hypochlorite* atau NaOCl.

Namun, secara keseluruhan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 1 dan Soda Membran 2 memiliki spesifikasi yang baik. Pengujian kadar klor aktif sebagai Cl_2 dan pengujian kadar alkali bebas sebagai NaOH yang dilakukan, mendapatkan hasil sesuai dengan spesifikasi pada SNI 0081:2015 [15]. Hanya saja tingkat kejernihan dari produk tersebut sedikit berbeda, yang tentunya dapat mempengaruhi kepuasan pelanggan terhadap produk yang ditawarkan. Maka dari itu Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk tidak melakukan penjualan ke luar industri untuk produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 1, melainkan hanya digunakan untuk *inner use* saja. Sedangkan produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl Soda Membran 2, dapat dilakukan penjualan ke luar industri karena bentuk fisik mengenai kejernihan yang lebih baik dibandingkan dengan produk dari Soda Membran 1.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pemecahan masalah perihal perbandingan kualitas produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1 dengan Soda Membran 2 di Divisi Chemical Plant, PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk adalah sebagai berikut: Produk *sodium hypochlorite* atau NaOCl dapat dihasilkan dari proses pereaksian Natrium Hidroksida (NaOH) dengan gas Klorin (Cl_2) yang dapat dimanfaatkan untuk bahan pemutih, disinfektan, dan lain-lain, Perbandingan kualitas produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1 dengan Soda Membran 2 dalam hal tingkat kejernihan dapat disebabkan karena perbedaan proses *treatment brine* sebelum masuk *Electrolyzer*, *treatment* gas Cl_2 keluaran *Electrolyzer*, *treatment* dalam penurunan konsentrasi NaOH, dan perancangan alat serta utilitasnya, dan Produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1 dengan tingkat kejernihan yang lebih rendah digunakan sebagai *inner use* PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, sedangkan produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 2 dengan tingkat kejernihan yang lebih tinggi akan dilakukan penjualan untuk *customer* di luar PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk.

Untuk meningkatkan kualitas kejernihan pada produk *sodium hypochlorite* Soda Membran 1, maka dapat dilakukan perancangan kembali baik secara desain alat maupun *inject* utilitas serta prosedur penurunan konsentrasi dan pemasakan yang sama dengan Soda

Membran 2. Saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dipelajari mengenai pengujian yang lebih terukur untuk menentukan tingkat kekeruhan suatu larutan.

REFERENSI

- [1] N. N. R. Anisa, "Laporan Pra Rencana Pabrik Sodium Hipoklorit dari Sodium Hidroksida dan Gas Klorin dengan Proses Klorinasi Kapasitas Produksi 50.000 Ton/Tahun," Malang, 2022.
- [2] D. Ramadani, "Laporan Pra Rancangan Pabrik Perkloroetilen dari Etilen Diklorida dan Gas Klor Kapasitas 99.000 Ton/Tahun," Makassar, 2023.
- [3] A. Hasan, "Dampak Penggunaan Klorin," *P3 Teknologi Konversi dan Konversi Energi*, vol. 7, no. 1, hal. 90–96, 2006.
- [4] M. A. S. Y. Ananto dan Widiono Bambang, "Pengaruh Acid Cleaning terhadap Efisiensi Electro-Chlorination Plant #3," *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 111–116, 2020.
- [5] V. Kallista, Winardi, dan G. C. A. Asbanu, "Efektivitas Penggunaan Elektroklorinasi dan Gas Klor Pada Proses Disinfeksi Air Minum (Studi Kasus: Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Khatulistiwa)," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 11, no. 1, hal. 180–194, 2023.
- [6] D. H. Azhaar, "Laporan Tugas Akhir Pabrik Natrium Hidroksida dari Garam NaCl dengan Proses Elektrolisis Sel Membran," Surabaya, 2018.
- [7] Y. S. K. De Silva, "Design of an Alkaline Electrolysis Stack," Universitas of Adger, Norway, 2017.
- [8] H. Wen Lin, R. Cejudo-Marín, A. W. Jeremiase, K. Rabaey, Z. Yuan, dan I. Pikaar, "Direct anodic hydrochloric acid and cathodic caustic production during water electrolysis," *Scientific Report*, hal. 1–4, 2016.
- [9] I. Chung, H. Ryu, S. Y. Yoon, dan J. C. Ha, "Health Effects of Sodium Hypochlorite: Review of Published Sase Reports," *Environmental Analysis, Health and Toxicology*, vol. 37, no. 1, hal. 1–8, 2022.
- [10] N. D. Apsari, R. Amin, C. Fandeli, R. Aliman, dan D. Soetrisno, "Aplikasi Natrium Hypochlorite sebagai Oksidator Limbar Cair Rumah Pematangan Ayam," *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, hal. 1–11, 2019.
- [11] K. I. N. Kholifah, "Pengaruh Penambahan Natrium Hipoklorit (NaOCl) untuk Backwash Membran Bioreactor terhadap Kualitas Air Limbah Amonia," Malang, 2018.
- [12] S. Kurniastiti, "Laporan Pra Rencana Pabrik Sodium Hypoklorit dari Air Laut dengan Proses Elektrolisa," Surabaya, 2012.
- [13] I. A. Sulistya, "Pengaruh Penggunaan Natirum Hipoklorit (NaOCl) dalam Cairan Pemutih Pakaian sebagai Pereaksi Pengujian Amonia pada Air Limbah," *Integrated Lab Journal*, vol. 1, no. 1, hal. 32–38, 2020.

- [14] N. Saksono, F. Abqari, dan S. Bismo, "Aplikasi Teknologi Elektrolisis Plasma pada Proses Produksi Klor-Alkali," *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 11, no. 3, hal. 141–148, 2012.
- [15] Badan Standarisasi Nasional, "Natrium Hipoklorit Teknis," SNI 0081:2015, 2015
- [16] American Standard Testing and Material, "Standard Test Methods of Sampling and Chemical Analysis of Chlorine-Containing Bleaches," D2022-89–2016, 2016
- [17] Kevin, V. L. Aria, R. Handogo, dan J. P. Sutikno, "Pra Desain Pabrik Asam Klorida dari Elektrolisis Garam Industri," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 2, hal. 139–144, 2021.