

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT MENGUNAKAN KOMBINASI PROSES *AERATED FIXED FILM BIOFILTER* (AF2B) DAN ADSORPSI GRANULAR

Fania Salsyabila Fanani dan Prayitno

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
faniasalsyabila.f@gmail.com ; [prayitno@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Limbah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari industri pengolahan rumput laut yang mengolah rumput laut menjadi produk ATCC (*Alkali Treated Cottonii Chips*), dimana dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pemasakan dan pencucian. Upaya yang dilakukan dalam pengolahan air limbah di industri tersebut dengan mengolahnya dalam suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan sistem pengolahan secara biologi (lumpur aktif) yang diikuti dengan proses adsorpsi. Namun, sistem pengolahan tersebut masih belum efektif dalam menurunkan konsentrasi bahan pencemar. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh beban organik pada proses AF2B dan laju alir pada kolom *adsorpsi* terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, kekeruhan, dan pH. Penelitian dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah dari industri pengolahan rumput laut ke dalam reaktor AF2B yang berisi bakteri sehingga terjadi proses degradasi bahan-bahan pencemar dalam air limbah, kemudian dilanjutkan dengan mengalirkan *effluent* dari AF2B ke dalam kolom *adsorpsi* yang berisi karbon aktif berbentuk granular. Dengan mengukur BOD, COD, TSS dan pH sebelum dan sesudah proses dari reaktor AF2B maupun kolom adsorpsi maka dapat diketahui besarnya penurunan konsentrasi BOD, COD, kekeruhan dan pH. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variable bebas beban organik sebesar 7300 mg/jam, dan 8000 mg/jam, serta laju alir sebesar 3,3 liter/menit dan 3 liter/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beban organik 8000 mg/jam dan laju alir umpan pada kolom adsorpsi sebesar 3 L/menit dapat menurunkan konsentrasi bahan pencemara secara keseluruhan masing - masing sebesar: BOD (87,04%), COD (88,97%), kekeruhan (96,55%).

Kata kunci: Adsorpsi, AF2B, BOD, COD, Limbah rumput laut.

ABSTRACT

The waste used in this study was taken from seaweed processing waste at industry engaged in seaweed processing that processes seaweed into ATCC (Alkali Treated Cottonii Chips) products, which in the production process produces liquid waste originating from cooking and washing processes. Efforts have been made to treat wastewater at pt.x by treating it in a Wastewater Treatment Plant (IPAL) using a biological treatment system followed by an adsorption process. However, the treatment system is still not effective in reducing the concentration of pollutants. The purpose of this study was to analyze the effect of organic load on the AF2B process and the flow rate of the adsorption column on the decrease in the concentration of BOD, COD, turbidity and pH. The research was conducted by draining wastewater from the seaweed processing industry into the AF2B reactor which contains bacteria so that the degradation process of pollutants in the wastewater occurs, then continued by draining the waste from AF2B into an adsorption column containing granular activated carbon. By measuring BOD, COD, TSS and pH before and before the AF2B reactor process and the adsorption column, it can be seen the magnitude of the decrease in the concentration of BOD, COD, turbidity and pH. Experiments were carried out using independent variables of organic load of 7300 mg/hour, and 8000 mg/hour, and flow rates of 3.3 liters/minute and 3 liters/minute. The results showed that the organic load of 8000 mg/hour and the organic feed flow rate in the adsorption column of 3 L/minute could reduce the overall concentration of pollutants by: BOD (87.04%), COD (88.97%) , turbidity (96.55%).

Keywords: Adsorption, AF2B, BOD, COD, Seaweed wastewater.

1. PENDAHULUAN

Salah satu industri pengolahan rumput laut dengan produk ATCC (*Alcali Treated Cottonii Chips*) yang diamati pada penelitian ini menghasilkan limbah cair terutama dari proses pencucian dan pemasakan. Pada proses pencucian dilakukan menggunakan air yang bertujuan untuk melarutkan kandungan garam dalam rumput laut, sedangkan pada proses pemasakan rumput laut direndam dalam larutan KOH selama 2 jam dengan suhu 75 – 85 °C. Karakteristik limbah cair industri pengolahan rumput laut ini berwarna coklat kehitaman dengan pH yang sangat tinggi sekitar 12–13, bersifat koloid yang disebabkan oleh banyaknya senyawa organik, serta ion-ion dari senyawa KOH dan mengandung kalium dengan kadar tinggi yaitu 1%-7% [1]. Jika limbah cair tersebut langsung dibuang ke lingkungan perairan (sungai) tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pengolahan air limbah biasanya menggunakan proses koagulasi-flokulasi yang diikuti dengan proses biologi dan *adsorpsi* karbon aktif dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah menjadi bahan yang lebih sederhana dan tidak berbahaya. Untuk pengolahan air limbah secara biologis seperti *biofilter aerob – anaerob* dan *aeration contacted* masih memberikan hasil penurunan konsentrasi polutan yang kurang maksimal [2]. Pengolahan limbah cair secara biologis dapat dimaksimalkan dengan menggunakan metode *Aerated Fixed Film Biofilter* (AF2B) yaitu jenis reaktor dalam sistem pengolahan air yang berisi media *filter* yang memiliki luas permukaan sehingga proses pencemaran oleh *mikroorgansme* dapat ditingkatkan [3]

Utami, dkk. (2019) menyatakan bahwa berdasarkan menggunakan metode AF2B untuk pengolahan limbah cair industri rumput laut sangat efisien dalam menurunkan kadar COD dan BOD semakin lama waktu aerasi hasil penurunan COD dan BOD yang di dapatkan juga semakin besar. Rasio dan waktu aerasi terbaik didapatkan terjadi pada rasio 1:2 dengan waktu aerasi 10jam, dengan hasil akhir COD sebesar 245,15 mg/l dan BOD sebesar 90,08 mg/l dengan efisiensi penurunannya 90,45%, kualitas limbah hasil pengolahan sudah memenuhi baku mutu limbah cair rumput laut yang telah ditetapkan.[4]

Vastu (2019) menyatakan bahwa hasil penelitian bahwa pemakaian AF2B untuk pengolahan limbah cair industri rumput laut menunjukkan bahwa pemakaian variabel beban organik sebesar 48 g/hari dan 38,4 g/hari dengan waktu tinggal selama 4-5 jam dapat menurunkan kadar COD sebesar 232 mg/l dan TSS sebesar 96%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi karbon aktif 1000 ppm dengan lama adsorpsi 13 jam dapat menurunkan secara maksimal konsentrasi COD sebesar 36%, BOD sebesar 88% dan pH 6%, sedangkan kekeruhan sebesar 41% pada konsentrasi karbon aktif 200 ppm dengan lama adsorpsi 8 jam. [5]

Ardiansyah (2011) menyatakan bahwa pemakaian AF2B untuk pengolahan limbah cair industri rumput laut pada variabel beban organik sebesar 48 g/hari dan 38,4 g/hari dengan waktu tinggal selama 4-5 jam dapat menurunkan kadar COD sebesar 132 mg/l dan TSS sebesar 95% dan hasil yang didapatkan masih belum memenuhi baku mutu lingkungan hidup dikarenakan nilai COD masih dibawah ambang batas nilai yang ditentukan yaitu dibawah 250 mg/L. [6]

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan proses *adsorpsi* menunjukkan hasil cukup efektif. Menurut Indah (2021) penelitian menggunakan *adsorben* tersuspensi untuk

mengetahui pengaruh konsentrasi karbon aktif terhadap penurunan COD, BOD, pH, dan kekeruhan pada air limbah industri pengolahan rumput laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi karbon aktif 1000 ppm dengan lama *adsorpsi* 13 jam dapat menurunkan secara maksimal konsentrasi COD sebesar 36%, BOD sebesar 88% dan pH 6%, sedangkan kekeruhan sebesar 41% pada konsentrasi karbon aktif 200 ppm dengan lama *adsorpsi* 8 jam. [7]

Pengolahan air limbah pada industri pengolahan rumput laut menjadi produk ATCC (*Alkali Treated Cottonii Chips*) ini dinilai sudah memiliki efisiensi yang cukup baik namun, pada penggunaan teknologi dalam pengolahan air limbah masih kurang maksimal. Sehingga penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat organik dan laju alir terhadap penurunan kadar BOD, COD, kekeruhan dan pH dalam pengolahan air limbah industri pengolahan rumput laut dengan menggunakan reaktor AF2B dan adsorpsi granular.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat reaktor AF2B, seperangkat alat kolom adsorpsi, perangkat alat analisa BOD (pipet ukur, ball pipet inkubator, botol winkler, burret, erlenmeyer, statif dan klem), perangkat alat analisa COD (Reflux, erlenmeyer asa, pipet ukur, labu ukur, erlenmeyer, seperangkat alat titrasi dan hot plate) perangkat uji pH (pH meter), dan perangkat uji kekeruhan (turbidimeter). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah rumput laut, nutrisi bakteri, karbon aktif granular, aquadest, bahan analisa BOD (larutan mangan (II) sulfat, alkali iodid, H₂SO₄, indikator amilum dan thio sulfat), bahan analisa COD (AgSO₄, larutan K₂Cr₂O₇, asam sulfat pekat yang mengandung AgSO₄, indikator ferroin dan larutan standart ferroamonium sulfat).

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan air limbah hasil proses *aerasi* yang akan dimasukkan ke dalam reaktor AF2B yang berkapasitas 1000 L dengan bantuan pompa. Pada reaktor AF2B terdapat media filter berbentuk sarang tawon, dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media dan dilanjutkan dengan proses adsorpsi granular yang menggunakan karbon aktif yang berbentuk butir dengan luas permukaan yaitu 200 sampai 2000 m²/g.

Penelitian ini dilakukan dalam skala *plant* yang ada di pabrik dengan menggunakan proses kontinyu. Variabel yang digunakan pada proses AF2B yaitu berat adsorben granular sebanyak 20 kg dengan beban organik sebesar 7300 mg/jam dan 8000 mg/jam, sedangkan untuk proses adsorpsi granular variabel yang digunakan adalah laju alir yaitu 3,3 L/menit dan 3 L/menit. Sampel diambil sebelum dan sesudah proses AF2B dan adsorpsi yaitu dengan selang waktu tertentu dan selanjutnya sampel akan disimpan di kulkas dengan suhu ruang, agar konsentrasi air limbah rumput laut tetap konstan.

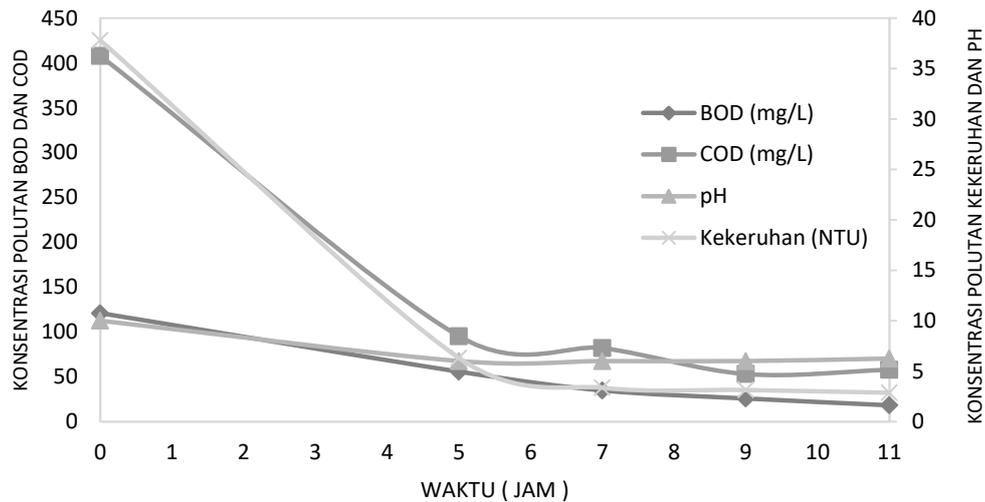
Sampel air limbah rumput laut akan dilakukan analisa yang meliputi analisa BOD, COD, pH, dan kekeruhan yang dilakukan di laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Untuk analisa BOD dilakukan menggunakan metode botol *winkler*. Sedangkan untuk analisa COD dilakukan dengan metode reflux terbuka dengan waktu 2 jam. Analisa

pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Dan terakhir untuk analisa kekeruhan atau bisa dikenal dengan analisa *turbidity* dilakukan menggunakan alat *turbidimeter*.

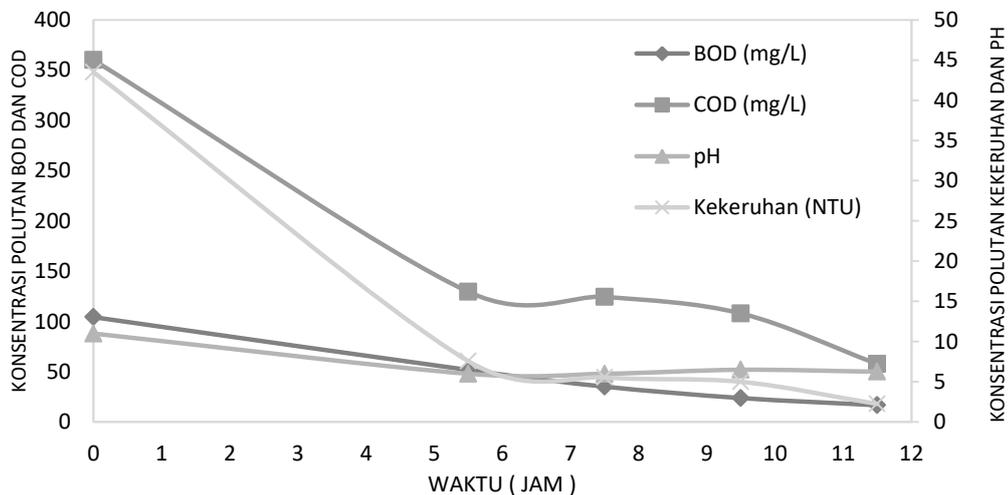
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh baban organik terhadap penurunan kadar polutan dalam reaktor AF2B

Hasil analisa beban organik untuk variabel sebesar 7300 mg/L dan 8000 mg/L terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, kekeruhan, dan pH ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Analisa AF2B untuk Beban Organik 7300 mg/L



Gambar 2. Analisa AF2B untuk Beban Organik 8000 mg/L

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan hasil dari penurunan konsentrasi polutan terhadap waktu tinggal. Pada gambar 1 menunjukkan variabel beban organik sebesar 7300 mg/l. Nilai BOD, COD, kekeruhan dan pH pada variable tersebut cenderung mengalami penurunan antara nilai *influent* dengan *effluent*. Hal ini terlihat tidak jauh berbeda pada gambar 2 dengan variabel beban organik sebesar 8000 mg/l, nilai BOD, COD, kekeruhan, dan pH juga mengalami penurunan antara nilai *influent* dan *effluent*.

Data hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Vastu (2021) dimana kadar BOD, COD, kekeruhan dan pH mengalami penurunan setelah dilakukan pengolahan menggunakan reaktor AF2B (*Aerated Fixed Film Biofilter*) terhadap limbah cair rumput laut yang diumpankan [5]. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumput laut menggunakan reaktor *Aerated Fixed Film Biofilter* cukup efektif dalam menurunkan konsentrasi polutan. Untuk nilai konsentrasi polutan paling tinggi terjadi pada nilai beban organik sebesar 8000 mg/L yang dapat menurunkan konsentrasi polutan BOD dari nilai 140,3110 mg/L turun menjadi 15,6714 mg/L dengan % penurunan (87,04%), nilai COD dari nilai 360 mg/L turun menjadi 40 mg/L dengan % penurunan (88,8%), nilai kekeruhan dari nilai 43,5 NTU turun menjadi 1,5 NTU dengan % penurunan (96,55%), dan untuk nilai pH dari nilai 11 turun menjadi nilai 6 dengan % penurunan (45%). Selanjutnya untuk penurunan konsentrasi polutan paling rendah terjadi pada nilai beban organik sebesar 7300 mg/L yang dapat menurunkan konsentrasi pencemar BOD dari nilai 120,9510 mg/L turun menjadi 63,3510 mg/L dengan % penurunan (47,62%), nilai COD dari nilai 408 mg/L turun menjadi 108 mg/L dengan % penurunan (73,52%), nilai kekeruhan dari nilai 37,8 NTU turun menjadi 7,21 NTU dengan % penurunan (80,92%), dan untuk nilai pH tetap dengan nilai 6. Dari Gambar 1 dan 2 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai beban organik yang digunakan maka semakin besar juga dalam penurunan konsentrasi bahan pencemar pada nilai BOD, COD, kekeruhan dan pH.

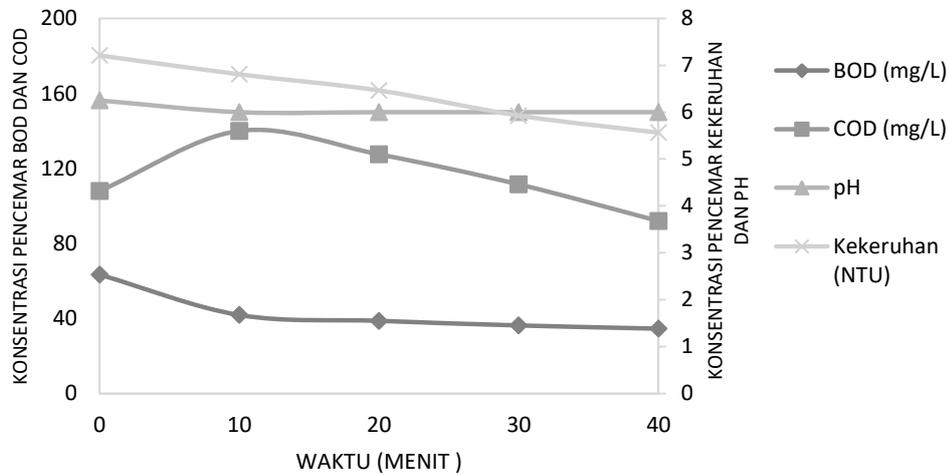
Untuk analisa TSS/ kekeruhan dilakukan pada laboratorium air Jasa Tirta 1 Kota Malang. Pada Gambar 1 dan 2 di atas dapat dilihat bahwa nilai pH mengalami kenaikan, namun kenaikan nilai pH masih dinilai tergolong netral. Apabila nilai pH berada di bawah 6, aktivitas bakteri akan turun dengan cepat. Jika pH memiliki nilai sebesar 5,5 maka bakteri akan berhenti melakukan aktivitasnya. Pada penelitian ini nilai pH terkontrol dengan baik karena bakteri dapat hidup dan berkembang biak secara optimal pada pH 6,5 - 7,5 dan suhu 25°C - 35°C. Pada reaktor AF2B, nilai pH berada dalam rentang 6 - 7. Nilai konsentrasi pencemar dari limbah cair rumput laut setelah diolah menggunakan reaktor AF2B, masih di bawah ambang batas yang telah ditentukan pada baku mutu air limbah pengolahan rumput laut [8].

3.1. Pengaruh laju alir umpan terhadap penurunan kadar polutan pada kolom adsorpsi granular

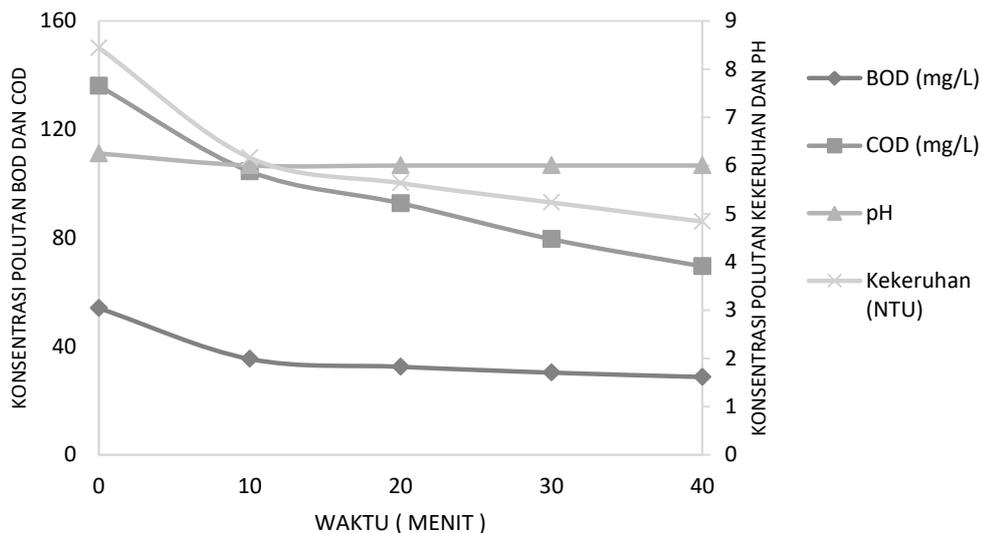
Hasil analisa laju alir untuk variabel 3,3 L/menit dan 3 L/menit terhadap penurunan konsentrasi polutan BOD, COD, Kekeruhan dan pH ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

Pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan grafik antara penurunan konsentrasi polutan terhadap waktu tinggal. Nilai BOD pada kedua variabel laju alir cenderung mengalami penurunan antara nilai influent dengan nilai effluent. Nilai konsentrasi polutan paling tinggi terjadi pada laju alir sebesar 3 L/menit yang dapat menurunkan konsentrasi polutan BOD dari nilai 54,0710 mg/L turun menjadi 8,9510 mg/L dengan % penurunan (83,44%), nilai COD dari nilai 136 mg/L turun menjadi 15 mg/L dengan % penurunan (88,97%), nilai kekeruhan dari nilai 8,44 NTU turun menjadi 1,2 NTU dengan % penurunan (86,78%), dan untuk nilai pH tetap yaitu dengan nilai 6. Selanjutnya, untuk penurunan konsentrasi polutan paling rendah terjadi pada laju alir sebesar 3,3 L/menit yang dapat menurunkan konsentrasi pencemar BOD dari nilai 63,351 mg/L turun menjadi 60,47014

mg/L nilai COD mengalami kenaikan yaitu dari nilai 108 mg/L naik menjadi 136 mg/L, nilai kekeruhan juga mengalami kenaikan yaitu dari nilai 7,21 NTU naik menjadi 8,5 NTU, dan untuk nilai pH juga mengalami kenaikan yaitu dengan nilai awal 6 menjadi 7.



Gambar 3. Analisa Adsorpsi Granular Laju Alir 3,3 L/menit



Gambar 4. Analisa Adsorpsi Granular Laju Alir 3 L/menit

Semakin lambat laju aliran maka tingkat efektivitas penurunan konsentrasi polutan seperti BOD, COD, kekeruhan, dan pH semakin tinggi dan sebaliknya jika laju aliran semakin cepat maka tingkat efektivitas penurunan konsentrasi polutan seperti BOD, COD, kekeruhan, dan pH nya semakin rendah. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin lambat laju aliran maka waktu kontak sampel dengan media filter semakin meningkat sehingga untuk proses filtrasi dan adsorpsi dapat berjalan dengan sempurna, sedangkan jika semakin cepat laju aliran yang digunakan maka waktu kontak sampel untuk media filter semakin berkurang sehingga proses filtrasi dan adsorpsi menjadi tidak sempurna [9].

Selanjutnya untuk konsentrasi pH dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 bahwa pH limbah cair rumput laut mengalami kenaikan setelah dilakukan pengolahan. Dapat dilihat untuk nilai pH sebesar 6 mengalami kenaikan nilai pH menjadi 7, faktor yang

menyebabkan kenaikan konsentrasi pH ini adalah penambahan nutrisi pada *biofilter*. Nutrisi tersebut mengandung pupuk urea yang diketahui memiliki sifat basa. Akan tetapi untuk nilai pada konsentrasi pH dari limbah cair rumput laut setelah diolah menggunakan proses adsorpsi granular masih di bawah ambang batas yang telah ditentukan pada baku mutu air limbah pengolahan rumput laut yaitu pada kadar 6 – 9 [11].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu tinggal yang digunakan, maka semakin efektif penurunan konsentrasi polutan pada limbah cair pengolahan rumput laut. Dimana pada waktu tinggal 5,5 jam dan pada saat beban organik sebesar 8000 mg/L dapat menurunkan konsentrasi polutan limbah cair pengolahan rumput laut sebesar BOD (87,04%), COD (88,8%), kekeruhan (96,55%) dan pH (45%). Selanjutnya, semakin lambat laju aliran maka waktu kontak sampel dengan media filter semakin meningkat, sehingga proses filtrasi dan adsorpsi dapat berjalan dengan sempurna dalam menurunkan konsentrasi polutan. Dimana pada laju alir sebesar 3 L/menit dapat menurunkan konsentrasi polutan limbah cair pengolahan rumput laut sebesar BOD 83,44%, COD 88,97%, kekeruhan 85,78%, pH tetap dengan nilai 6.

REFERENSI

- [1] N. M. Ariani dan H. B. Cahyono, "Pemanfaatan Limbah Alkali Industri Rumput Laut Dan Limbah," *Journal Ind. Res.*, vol. 9, hal. 39–48, 2015.
- [2] Z. Ewita, "Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Kementerian," *Buku Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknis*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2011. hal. 1–93.
- [3] S. Dey dan S. Mukherjee, "Kinetic Studies for an Aerobic Packed Bed Biofilm Reactor for Treatment of Organic Wastewater with and without Phenol," *J. Water Resour. Prot.*, vol. 02, no. 08, hal. 731–738, 2010.
- [4] L. I. Utami, K. N. Wahyusi, Y. K. Utari, and K. Wafiyah, "Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses Batch," *J. Tek. Kim.*, vol. 13, no. 2, hal. 39–43, 2019.
- [5] V. K. S. Paniklan, "Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Rumput Laut Menggunakan Proses Aerated Fixed Film Biofilter (AF2B)", Tugas Akhir, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang, 2021.
- [6] S. D. Ardiansyah, "Tinggal Dalam Pengolahan Air Limbah Rumput Laut Menggunakan AF2B," Tugas Akhir, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang, 2021.
- [7] H. Indah, "Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Rumput Laut Menggunakan Nano Adsorben Tersuspensi," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 514–521, 2021.
- [8] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 13, hal. 15–38, 2014.
- [9] A. Sarasdewi, N. Semadi Antara, dan A. S. Wiranatha, "Pengaruh Laju Aliran Terhadap Penurunan Cemaran Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Biofilter," *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 3, no. 2, hal. 17–29, 2015.