



# Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Rumput Laut Menggunakan Nano Karbon Aktif

Prayitno<sup>1,\*</sup>, Nanik Hendrawati<sup>1</sup>, Indrazno Siradjuddin<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

\*E-mail: prayitno@polinema.ac.id

## ABSTRAK

Air limbah yang dihasilkan oleh industri pengolahan rumput laut memiliki volume yang cukup besar dengan karakteristik pH: 11-13 (alkalis), BOD: 200-300 ppm, COD: 500-700 ppm sehingga kurang efisien jika diolah menggunakan proses biologi dan adsorpsi kimiawi. Penelitian bertujuan untuk menganalisa kemampuan nano karbon aktif mengadsorpsi bahan-bahan pencemar (*pollutants*) dalam suatu kolom adsorpsi alir kontinyu. Penelitian dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah rumput laut ke dalam kolom adsorpsi yang berisi adsorben nano karbon aktif pada ukuran 1-25 nm. Variabel percobaan yang digunakan adalah tekanan operasi (2 dan 4 MPa), serta berat adsorben nano karbon aktif (50, 100 dan 150 g) dengan lama adsorpsi 1 jam. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada tekanan 4 MPa dan berat adsorben nano karbon aktif 150 g dengan waktu adsorpsi selama 25 menit memberikan penyisihan BOD, COD dan TSS maksimal masing-masing sebesar 96,4; 96,4 dan 94,5%.

**Kata Kunci:** Alkalis, bahan organik, nano karbon aktif, penyisihan, rumput laut.

## ABSTRACT

Wastewater produced by the seaweed processing industry has a large enough volume with the characteristics of pH: 11-13 (alkaline), BOD: 200-300 ppm, COD: 500-700 ppm so it is less efficient if treated using biological processes and chemical adsorption. The aim of this research is to analyze the ability of activated carbon nano to adsorb pollutants in a continuous flow adsorption column. The study was conducted by flowing wastewater seaweed into the adsorption column containing the adsorbent activated carbon nano in size 1-25 nm. The experimental variables used were operating pressure (2 and 4 MPa), as well as weight of activated carbon nano adsorbent (50, 100 and 150 g) with adsorption time of 1 hour. The experimental results showed that at pressure of 4 MPa and weight of activated carbon nano adsorbent of 150 g with an adsorption time of 25 minutes gave the maximum removal of BOD, COD and TSS were 96.4, 96.4 and 94.5%, respectively.

**Keywords:** Alkalis, organic matter, nano activated carbon, removal, seaweed.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam industri pengolahan rumput laut menjadi produk ATCC (*Alkaline Treated Cottoni Chips*) dimana rumput laut mengalami proses *dry cleaning*-pemasakan-pencucian-penjemuran-pengeringan (*oven-chipping-mixing-packging*). Proses pemasakan dan pencucian umumnya menggunakan larutan KOH sehingga air limbah yang dihasilkan memiliki karakteristik sebagai berikut: pH (11-13), BOD (200-300 mg/L), COD (500-700 mg/L) dan TSS (150-300 mg/L) [1].

Beberapa jenis pengolahan telah dilakukan untuk menurunkan kandungan bahan pencemar dalam air limbah industri pengolahan rumput laut, antara lain: proses lumpur aktif, kontak stabilisasi dan adsorpsi karbon aktif. Namun, volume air limbah yang sangat besar (200-300 m<sup>3</sup>/hari) dan karakteristik air limbah yang alkalis serta mengandung bahan-bahan organik yang cukup tinggi menyebabkan proses biologi maupun adsorpsi kimiawi kurang efektif yaitu membutuhkan lahan luas dan biaya operasional tinggi. Pada sisi lain, teknologi



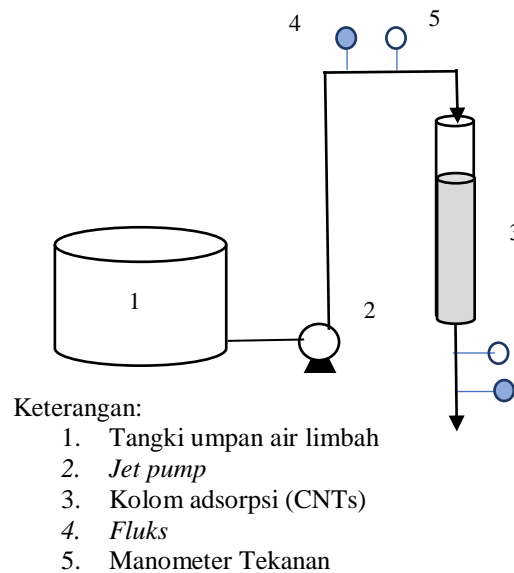
nano dalam beberapa jenis dan bentuk nano partikel telah banyak digunakan dalam proses pengolahan air limbah industri dengan beberapa kelebihan yang dimiliki [2-5].

Yulianis, dkk. [6] menyebutkan bahwa adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan nano zeolit alam yang diaktivasi menunjukkan adsorpsi optimum pada konsentrasi awal 40 mg/L, berat adsorben 1 g, pH 6 dan waktu kontak 120 menit dengan persen penyerapan sebesar 99,86%. Cahyaningrum, dkk. [7] menyebutkan bahwa dengan menggunakan kitosan nano adsorben *bead* memiliki laju adsorpsi lebih cepat dibanding kitosan serbuk dalam mengadsorpsi  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$ . Munandar, dkk. [8] menyatakan bahwa nano karbon aktif lebih baik dibandingkan nano zeolit dalam menyisihkan COD dalam limbah cair tandan kelapa sawit. Dimana pada waktu adsorpsi 8 jam, nano karbon aktif mampu menyisihkan COD sebesar 93,15%, sementara nano zeolit hanya mampu menyisihkan COD sebesar 85,11%. Beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi menggunakan nano adsorben antara lain: suhu, ukuran partikel, tekanan, berat adsorben, lama adsorpsi dan koagulasi [9,10]. Nano karbon aktif memiliki beberapa kelebihan, antara lain: laju adsorpsi cepat dan luas permukaan spesifik luas [11]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan nano karbon aktif dalam mengadsorpsi bahan organik (BOD, COD) dan TSS dalam air limbah industri pengolahan rumput laut.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan air limbah yang dihasilkan dari proses pencucian dan perendaman pada industri pengolahan rumput laut jenis ATCC. Peralatan yang digunakan berupa kolom adsorpsi yang berisi nano karbon aktif dengan ukuran 10-100 nm dengan skema proses seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan, variabel yang digunakan adalah tekanan operasi (2 dan 4

MPa) dan berat nano karbon aktif (50, 100 dan 150 g).



**Gambar 1.** Skema proses adsorpsi menggunakan CNTs.

### 2.1. Persiapan Bahan

Air limbah buangan dari proses pengolahan rumput laut dilakukan *pre-treatment* melalui proses netralisasi (penambahan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95%), koagulasi-flokulasi (penambahan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  5%), dan filtrasi. Selanjutnya, air limbah hasil *pre-treatment* dilakukan sampling untuk dianalisa kadar pH, BOD, COD dan TSS, dimana kadar TSS yang dipersyaratkan sebesar  $\leq 0,1$  mg/L. Hal ini diperlukan untuk menghindari terjadinya penyumbatan (*fouling*) pada kolom adsorpsi (*carbon nano tube, CNTs*) [9,12]. Nano karbon berupa karbon aktif berbentuk serbuk berukuran nano (10-100 nm).

### 2.2. Persiapan Alat

Kolom adsorpsi (*carbon nano tube, CNTs*) dibuat dengan cara mengisi nano karbon aktif ukuran 10-100 nm dalam bentuk serbuk ke dalam pipa *stainless steel* (SS) koaksial berdiameter  $\frac{1}{2}$  inch kemudian diberi tekanan sebesar 5 MPa hingga membentuk padatan (*pellet*). Sedangkan, pompa yang digunakan adalah *jet pump* (pompa bertekanan tinggi).

### 2.3. Prosedur Percobaan

Umpan (air limbah) sebanyak 20 L dari tangki umpan dipompa ke kolom adsorpsi (CNTs) yang berisi nano karbon aktif dengan berat 50 g pada laju tertentu hingga perbedaan tekanan antara *input-output* kolom adsorpsi sebesar 0,005-0,015 MPa. Proses berlangsung secara kontinyu hingga 2 jam dan tekanan diatur stabil pada 2 atau 4 MPa. Proses adsorpsi berlangsung pada tekanan tinggi disebabkan ukuran adsorben (karbon aktif) yang berukuran nano dengan kerapatan tinggi sehingga perlunya tekanan tinggi agar fluida dapat mengalir. Filtrat hasil adsorpsi sebagai *effluents* dilakukan sampling untuk dianalisa kadar BOD, COD dan TSS. Percobaan diulang dengan menggunakan berat adsorben nano karbon aktif sebesar 100 atau 150 g.

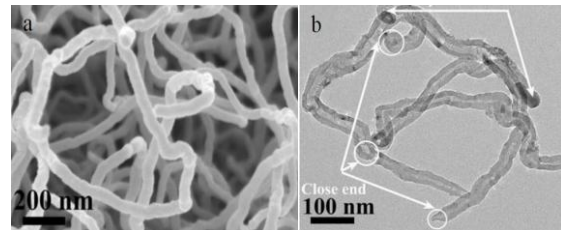
### 2.4. Metode Analisa

Analisa kadar BOD SNI 6989.72:2009 menggunakan metode botol *winkler*, analisa kadar COD SNI 6989.15:2019 menggunakan metode refluks terbuka, analisa TSS SNI 6989.3:2019 menggunakan metode gravimetri, sedangkan analisa ukuran nano karbon aktif menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Kualitas Awal Umpan

Hasil pengukuran awal konsentrasi air limbah umpan (*feed*) yang masuk pada kolom adsorpsi (*carbon nano tube, CNTs*) adalah bervariasi: pH (6,5-7,5), BOD (140-160 mg/L), COD (200-230 mg/L) dan TSS (55-85 µg/L). Oleh karena itu, air limbah umpan telah memenuhi persyaratan diolah menggunakan nano adsorben agar tidak terjadi penyumbatan (*fouling*). Sedangkan, hasil pengamatan menggunakan SEM dan TEM menunjukkan bahwa nano karbon aktif dalam kolom adsorpsi telah membentuk suatu jaringan terstruktur nano sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil pengamatan struktur *Carbon Nano Tubes (CNTs)*: a. Foto SEM, b. Foto TEM.

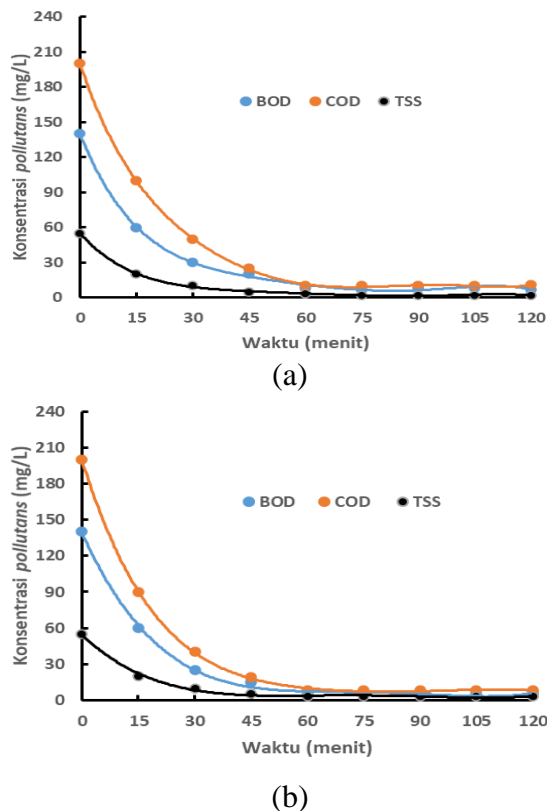
### 3.2. Pengaruh Tekanan

Dalam proses filtrasi maupun adsorpsi menggunakan nano partikel maka ukuran padatan terlarut maupun konsentrasi padatan dalam larutan menjadi pertimbangan utama, dimana konsentrasi padatan terlarut untuk proses nano sebesar  $\leq 0,1$  mg/L. Hal ini disebabkan pada konsentrasi tersebut memungkinkan suatu padatan dapat melewati adsorben yang berukuran nano sehingga terhindar dari adanya penyumbatan (*fouling*) [13]. Oleh karena itu, proses nano adsorpsi diperlukan suatu tekanan agar suatu fluida dapat melewati adsorben nano karbon aktif.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada tekanan operasi yang berbeda-beda yaitu 2 dan 4 MPa pada berat nano karbon aktif sebesar 150 g memberikan pengaruh terhadap besarnya penyisihan bahan pencemar, dimana semakin besar tekanan operasi yaitu 4 MPa, maka proses adsorpsi bahan pencemar (BOD, COD dan TSS) oleh adsorben nano karbon aktif semakin besar penurunan konsentrasinya yang selanjutnya berakibat pada semakin cepat tercapainya kondisi jenuh pada permukaan nano karbon aktif dibanding pada tekanan operasi 2 MPa. Kondisi jenuh pada tekanan 4 MPa tercapai pada menit ke-60 (Gambar 3.b), sedangkan pada tekanan 2 MPa tercapainya kondisi jenuh pada menit ke-75 (Gambar 3.a).

Hal ini disebabkan pada tekanan semakin besar maka fluida akan semakin cepat mengalir melewati adsorben nano karbon aktif sehingga semakin cepat kontak antara padatan terlarut dengan adsorben sehingga terjadi kejenuhan pada permukaan nano

karbon aktif yang berakibat pada penurunan kemampuan adsorben nano karbon aktif untuk mengadsorpsi padatan (*solute*) yang terdapat dalam aliran fluida [14,15].



**Gambar 3.** Pengaruh tekanan operasi pada berat nano karbon aktif sebesar 150 g: a. Tekanan 2 MPa, b. Tekanan 4 MPa.

Gambar 3.b menunjukkan bahwa dengan tekanan yang besar maka pada 15 menit pertama terjadi penyisihan bahan pencemar yang cukup besar (60%) dari konsentrasi awal bahan pencemar dan 15 menit berikutnya semakin turun kemampuan adsorpsi dari nano karbon aktif hingga menit ke-60, dimana pada menit ke-60 terjadi prosen penyisihan maksimum dari BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 96,4; 96,4 dan 94,5%. Namun demikian, besarnya penurunan konsentrasi bahan pencemar dan tercapainya keadaan jenuh dari pengaruh perubahan tekanan kurang memberikan pengaruh yang signifikan, dimana kejenuhan tercapai pada menit ke-60 dan menit ke-75 terdapat perbedaan prosentase penurunan

konsentrasi bahan pencemar sebesar 95-96%.

Munandar, dkk. [8] menyebutkan bahwa pada adsorpsi air limbah tandan kelapa sawit menggunakan nano karbon aktif tersuspensi terjadi penyisihan COD maksimal sebesar 93,15% pada lama adsorpsi 8 jam.

### 3.3. Pengaruh Berat Adsorben

Percobaan dengan menggunakan berat nano karbon aktif yang berbeda-beda yaitu 50, 100 dan 150 g tetapi pada tekanan sebesar 4 MPa diperoleh hasil percobaan sebagaimana Gambar 4.

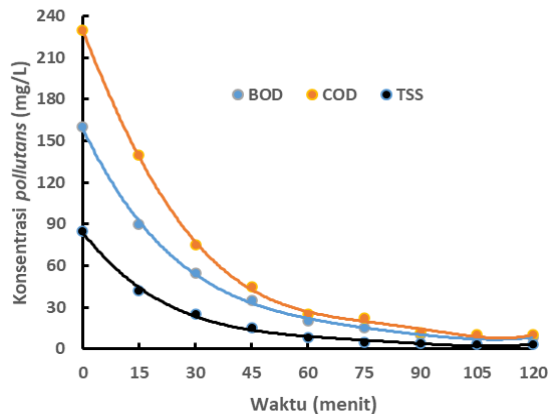
Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin berat nano karbon aktif (*adsorbent*) maka semakin besar kontak antara adsorben dengan padatan dalam fluida (*solute*) sehingga semakin besar laju penyisihan bahan pencemar per satuan waktu, yang selanjutnya berakibat pada semakin cepat tercapainya kondisi jenuh pada permukaan nano karbon aktif [4,9,12].

Kondisi jenuh pada berat adsorben 50 g tercapai pada menit ke-105 dengan persen penyisihan BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 95,0; 96,5 dan 94,0%. Pada berat adsorben 100 g tercapainya kondisi jenuh pada menit ke-90 dengan persen penyisihan BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 95,0; 95,4 dan 95,4%.

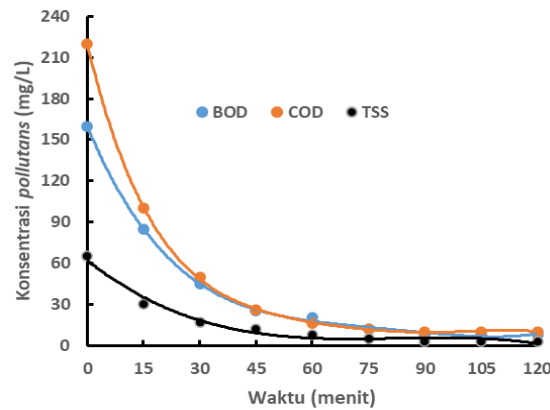
Sedangkan, pada berat adsorben 150 g tercapainya kondisi jenuh pada menit ke-60 dengan persen penyisihan BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 96,4; 96,4 dan 94,5%. Proses adsorpsi nano karbon aktif pada tekanan 4 MPa memberikan hasil akhir konsentrasi pencemar BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 5 mg/L, 8 mg/L dan 0,03 mg/L, dimana hal ini jauh dibawah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Kepmen Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 yaitu BOD (100 mg/L), COD (250 mg/L), dan TSS (100 mg/L).

Kemampuan nano karbon aktif sebagai adsorben dalam menurunkan konsentrasi pencemar (logam, bahan organik dan padatan terlarut) dalam waktu cepat dengan berat adsorben yang relatif sedikit

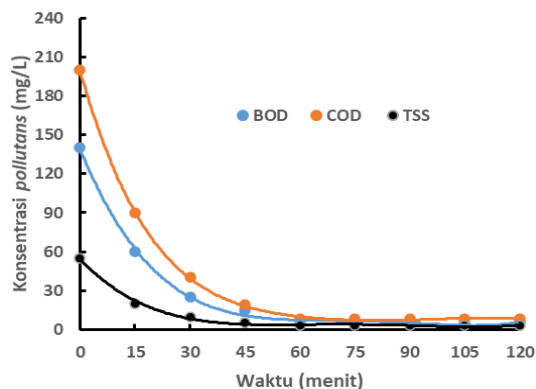
merupakan salah satu kelebihan dari nano karbon aktif [10,14,16].



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Pengaruh berat adsorben pada tekanan 4 MPa: a. Berat adsorben 50g, b. Berat adsorben 100 g, c. Berat adsorben 150 g.

#### 4. KESIMPULAN

Tekanan operasi dan berat nano karbon aktif mempengaruhi besar penyisihan bahan-

bahan pencemar (*pollutans*) air limbah dalam proses adsorpsi menggunakan *nano carbon tubes (CNTs)*, dimana pada tekanan operasi sebesar 4 MPa dan berat nano karbon aktif 150 g dapat menyisihkan BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 96,4; 96,4 dan 94,5%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan terima kasih atas dukungan pendanaan dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui hibah penelitian PTUPT tahun 2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Joshi, A. Y. Desai, V. Mulye, Seaweed Resources and Utilization: An Overview, *Biotech. Express*, vol. 2, no. 22, hal. 46–50, 2015.
- [2] N. A. Khan, S. U. Khan, S. Ahmed, I. H. Farooqi, A. Dhingra, A. Hussain, F. Changani, Applications of Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment: A Review, *Asian J. Water, Environ. Pollut.*, vol. 16, no. 4, hal. 81-86, 2019.
- [3] A. Roy, J. Bhattacharya, Nanotechnology in Industrial Wastewater Treatment, London: IWA Publishing, 2015.
- [4] B. B. T. Patil, Wastewater Treatment using Nanoparticles, *J. Adv. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 3, hal. 100131, 2015.
- [5] I. Gehrke, A. Geiser, A. Somborn-Schulz, Innovations in Nanotechnology for Water Treatment, *Nanotechnol. Sci. Appl.*, vol. 8, hal. 1–17, 2015.
- [6] Y. Yulianis, M. Mahidin, S. Muhammad, Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Nano Zeolit Alam yang Diaktivasi, *Jurnal Litbang Industri*, vol. 7, no. 1, hal. 61–69,



2017. Champaign, 2010.
- [7] S. E. Cahyaningrum, S. J. Santoso, R. Agustini, Adsorpsi Ion Logam Zn(II) dan Cu(II) pada Kitosan Nano Bead dari Cangkang Udang Windu (*Penaus monodon*), *J. Manusia dan Lingkungan*, vol. 18, no. 3, hal. 200–205, 2011.
- [8] A. Munandar, S. Muhammad, S. Mulyati, Penyisihan COD dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Nano Karbon Aktif, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 11, no. 1, hal. 24–31, 2016.
- [9] S. M. Abdelbasir, A. E. Shalan, An Overview of Nanomaterials for Industrial Wastewater Treatment, *Korean J. Chem. Eng.*, vol. 36, no. 8, hal. 1209–1225, 2019.
- [10] K. Jain, A. S. Patel, V. P. Pardhi, S. J. S. Flora, Nanotechnology in Wastewater Management: A New Paradigm Towards Wastewater Treatment, *Molecules*, vol. 26, hal. 1797, 2021.
- [11] K. Sutanto, Teknologi Berbasis Nanomaterial untuk Remediasi dan Pengolahan Air, *Zenodo*, hal. 1–15, 2017.
- [12] S. Singh, V. Kumar, R. Romero, K. Sharma, J. Singh, Applications of Nanoparticles in Wastewater Treatment, *Nanobiotechnology in Bioformulations, Nanotechnology in the Life Sciences*, hal. 395–418, 2019.
- [13] C. Ba, Design of advanced reverse osmosis and nanofiltration membranes for water purification, Ph.D. Dissertation, Department of Materials Science & Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.
- [14] I. J. El Saliby, H. K. Shon, J. Kandasamy, S. Vigneswaran, Nanotechnology for Wastewater Treatment: in Brief, *Water and Wastewater Treatment Technologies*, hal. 1–15, 1999.
- [15] A. Hasham, Selected Nanotechnology Applications in Industrial Waste Water Treatment: A Review, *Int. J. of Environmental Pollution & Environmental Modelling*, vol. 1, no. 3, hal. 71–76, 2018.
- [16] H. K. Shon, S. Phuntsho, D. S. Chaudhary, S. Vigneswaran, J. Cho, Nanofiltration for Water and Wastewater Treatment – A Mini Review, *Drink. Water Eng. Sci.*, vol. 6, No. 1, hal. 47–53, 2013.