

Studi Literatur Kemampuan Tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* Terhadap Penyerapan Fe dan Mn pada Pengolahan Air Asam Tambang

Rifki Adhi Saputra dan Bieby Voijant Tangahu
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: bieby2003@gmail.com

Abstrak—Kegiatan pertambangan mengakibatkan perubahan lingkungan yang dapat berdampak pada kualitas air tanah dan air permukaan. Air asam tambang merupakan air yang berasal dari pengaliran tambang yang berpotensi mencemari badan perairan jika tidak dikelola dan dikontrol dengan baik. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan studi literatur tentang pengolahan limbah air asam tambang. Studi literatur ini bertujuan menentukan kemampuan tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* sebagai penyerapan logam (Fe dan Mn) yang dapat digunakan pada pengolahan air asam tambang berdasarkan literatur dan menentukan efisiensi removal tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* berdasarkan studi kasus yang diambil. Tumbuhan yang digunakan dalam studi literatur ini adalah *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans*. Tumbuhan ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi dan kemampuannya untuk menyerap hara langsung dari air limbah. Selain itu, tumbuhan ini dapat bertahan hidup di lingkungan tercemar dan cocok dimanfaatkan untuk fitoremediasi air tercemar. Studi kasus yang diambil adalah pengolahan air asam tambang pada PT. Semesta Centramas (Balangan Coal) Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan literatur fitoremediasi, *S. molesta* dapat menurunkan kadar Fe dan Mn hingga 29% dan 73%. *S. natans* mampu menurunkan kadar Fe dan Mn hingga 56% dan 69%. Sedangkan jika disesuaikan pada studi kasus pada air asam tambang yang memiliki kadar Fe 23,12 mg/L dan Mn 25,5 mg/L, *S. molesta* dan *S. natans* membutuhkan efisiensi removal sebesar 69,7% dan 84,3% untuk menurunkan Fe dan Mn supaya mencapai baku mutu.

Kata Kunci—Air Asam Tambang, Fe, Mn, *Salvinia molesta*, *Salvinia natans*.

I. PENDAHULUAN

AIR asam tambang adalah salah satu permasalahan lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Air asam tambang merupakan hasil dari oksidasi batuan yang mengandung pirit (FeS_2) dan mineral sulfida dari sisa batuan yang terpapar oleh oksigen yang berada dalam air. Hal ini disebabkan karena pada dasarnya penambangan merupakan kegiatan pembongkaran mineral dari batuan induk untuk kemudian diangkut, diolah dan dimanfaatkan sehingga dalam proses penambangan terjadi penyingkapan batuan. Permasalahan air asam tambang adalah salah satu dampak potensial yang dihadapi industri pertambangan. Air asam tambang juga mengandung logam berat, seperti besi (Fe) dan mangan (Mn) [1]. Baku mutu total Fe adalah 7 mg/L sedangkan baku mutu total Mn adalah 4 mg/L.

Kandungan Fe dan Mn jika melebihi baku mutu akan memberi dampak yang buruk terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, seperti rusaknya dinding usus, iritasi pada kulit dan mata serta gangguan ginjal. Selain itu gangguan teknis seperti mengotori bak, wastafel serta pembuntuan pada perpipaan karena endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, juga gangguan fisik misalnya timbulnya warna, bau dan rasa pada air minum. Beberapa metode dalam mengatasi limbah air asam tambang diantaranya dengan metode fitoremediasi [2].

Fitoremediasi adalah suatu teknologi yang menggunakan tumbuhan untuk memperbaiki sebagian atau substansi kontaminan tertentu dalam tanah, endapan, kotoran/ lumpur, air tanah, air permukaan, dan air sampah. Melalui metode ini air asam tambang dapat dikelola untuk meminimalisir penyebab terjadinya dampak lingkungan yang utama, yakni penurunan pH yang disebabkan oleh asam sulfat, dan terlarutnya logam berat yang disebabkan oleh terlarutnya ion besi [3].

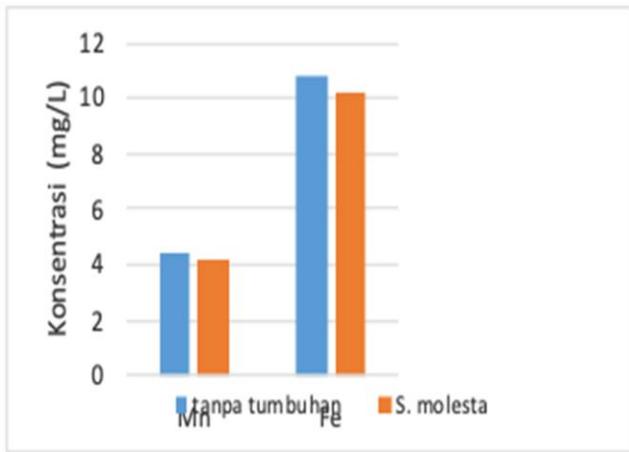
Tumbuhan yang biasa digunakan sebagai fitoremediasi adalah tumbuhan azolla, kiambang (*Salvinia molesta*), enceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomea aquatic*). Dipilihnya tumbuhan kiambang (*Salvinia molesta*) karena tumbuhan ini dapat tumbuh di perairan dengan kadar nutrisi yang rendah. Kiambang memiliki diameter daun yang relatif kecil (rata-rata 2-4 cm) tetapi juga memiliki akar yang lebat dan panjang. Berdasarkan hal tersebut diharapkan kiambang (*Salvinia Molesta*) dapat secara aktif menyerap polutan, namun tidak menghalangi proses penetrasi cahaya dalam perairan [4].

Sebelumnya telah dilakukan studi literatur yang serupa yaitu menurunkan kadar tembaga (Cu) dalam air minum dengan menggunakan tumbuhan *Salvinia molesta* dan menurunkan kadar kromium (Cr) dalam air limbah industri penyamakan kulit menggunakan tumbuhan *Salvinia natans* [5], [6]. Maka dari studi literatur tersebut, penulis akan menggunakan tumbuhan kiambang (*Salvinia molesta* dan *Salvinia natans*) untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air asam tambang.

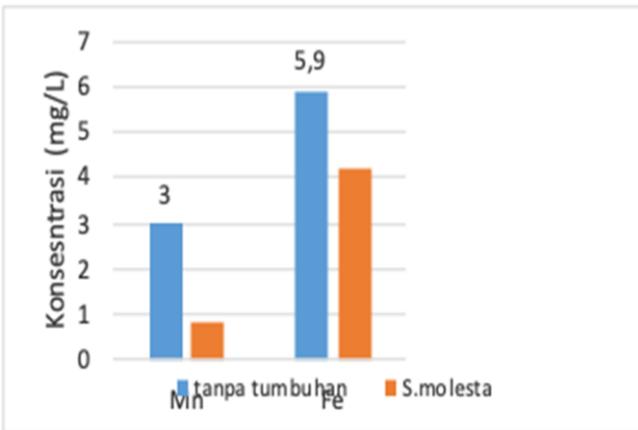
II. URAIAN STUDI LITERATUR

A. Tahap Kajian Pustaka

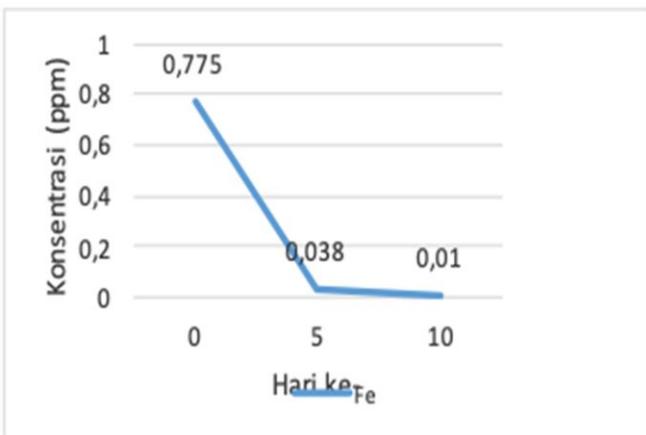
Kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari berbagai pustaka/ literatur yang berkaitan dengan pengolahan Air asam tambang khususnya penurunan kadar Fe dan Mn. Selain itu, dilakukan juga kajian literatur yang berkaitan dengan fitoremediasi tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans*



Gambar 1. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Limbah 50%.



Gambar 2. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Limbah 25%.



Gambar 3. Penurunan Kadar Besi (Fe) selama 10 hari.

sebagai pengolahan air asam tambang. Dari pustaka/ literatur ini, tulisan akan disusun dan ditulis kembali menggunakan bahasa penulis sendiri. Berikut adalah jenis kepustakaan yang meliputi:

- 1) Jurnal ilmiah
- 2) Buku Teks/ *Text Book*
- 3) Laporan studi literatur Tugas akhir terdahulu
- 4) Artikel

5) Peraturan dan Dokumen Pemerintah/ Perusahaan

Tabel 1.
Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Limbah 50%

Logam Berat	Tanpa Tumbuhan (mg/L)	Dengan Tumbuhan (mg/L)	Removal Dengan Tumbuhan (%)
Kadar Besi (Fe)	10,75	10,20	5,11
Mangan (Mn)	4,46	4,13	7,39

Tabel 2.
Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Limbah 25%

Logam Berat	Tanpa Tumbuhan (mg/L)	Dengan Tumbuhan (mg/L)	Removal Dengan Tumbuhan (%)
Kadar Besi (Fe)	5,90	4,19	29
Mangan (Mn)	3	0,8	73,33

Tabel 3.
Penurunan Kadar Besi (Fe)

Tumbuhan	Hari ke						
	0	10	%	20	%	30	%
<i>Salvinia natans</i>	1,3	0,45	34,61	0,82	63,07	0,74	56,92
Tanpa tumbuhan	1,3	0,60	46,15	0,16	12,30	0,14	10,76

Tabel 4.
Penurunan Kadar Mangan (Mn)

Tumbuhan	Hari ke						
	0	10	%	20	%	30	%
<i>Salvinia natans</i>	4,6	1,60	34,70	1,97	41,43	3,20	69,41
Tanpa tumbuhan	4,6	0,03	0,65	0,08	1,73	0,05	1,08

B. Tahap Studi Kasus

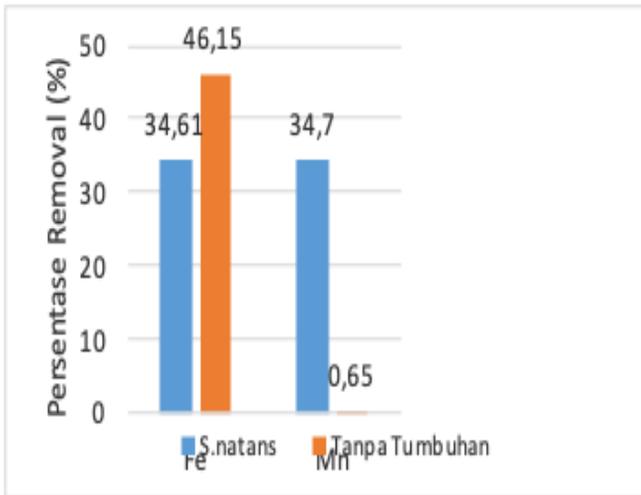
Studi kasus pada penulisan Tugas Akhir ini adalah pengolahan air asam tambang di Indonesia yang menyebabkan pencemaran khususnya kandungan Fe dan Mn yang tinggi pada air asam tambang yang juga dapat mencemari lingkungan serta membahayakan masyarakat sekitar daerah pertambangan. Data yang didapatkan akan dianalisa dengan kajian pustaka/ literatur yang telah dipelajari. Selain itu, data juga dapat didapatkan dengan studi literatur/literatur menggunakan data sekunder yang didapatkan dari:

- 1) Jurnal ilmiah
- 2) Buku Teks/ *Text Book*
- 3) Artikel
- 4) Peraturan dan Dokumen Pemerintah/ Perusahaan

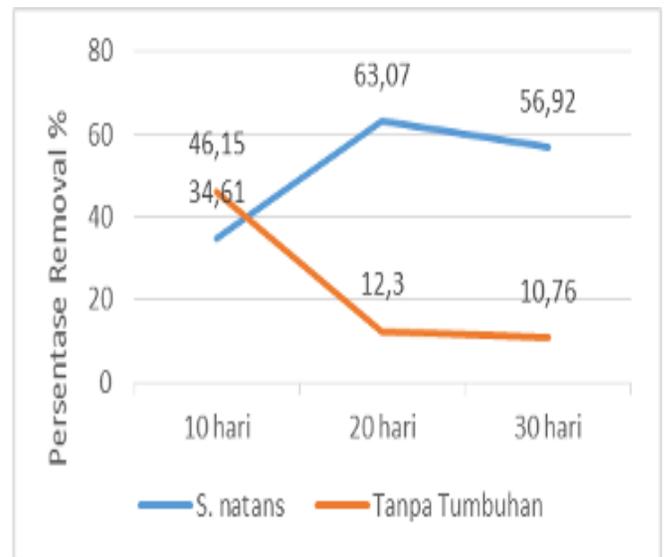
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kemampuan Tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* Sebagai Penyerapan Fe dan Mn

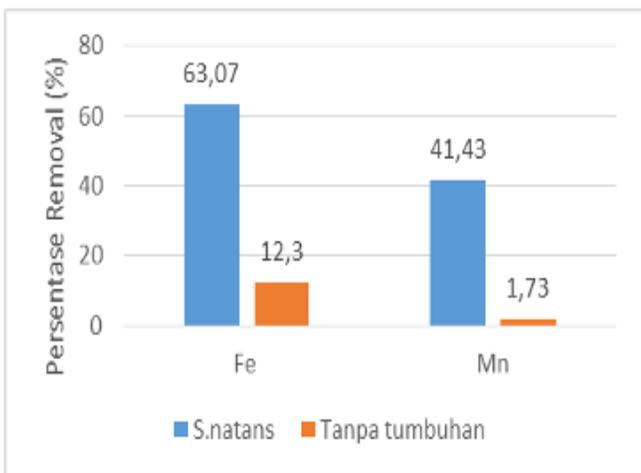
Fitoremediasi menggunakan *Salvinia molesta* telah dilakukan pada penelitian fitoremediasi limbah industri tekstil



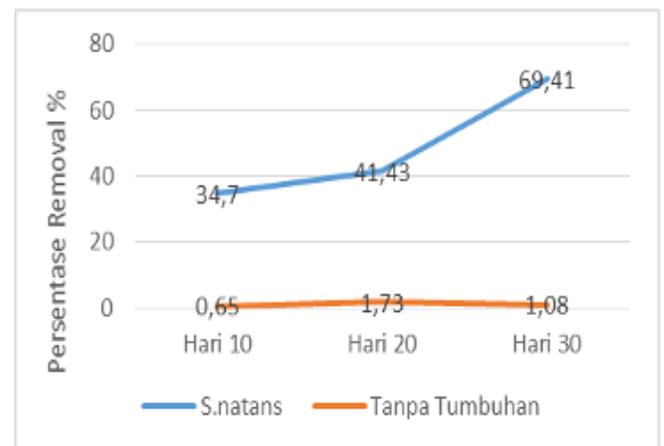
Gambar 4. Persentase Penurunan Fe dan Mn pada hari ke-10.



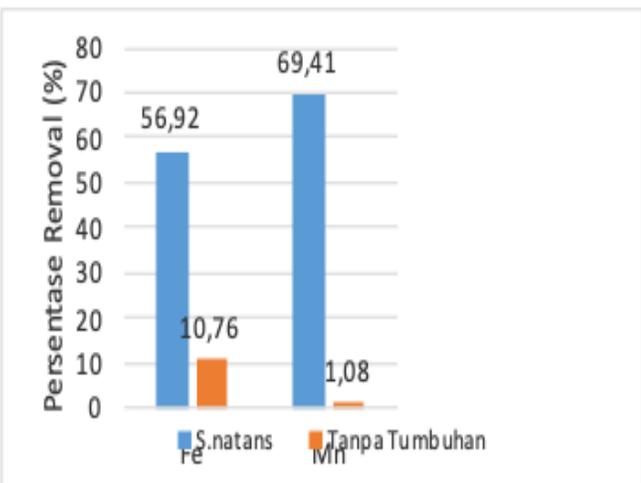
Gambar 7. Persentase Penurunan Kadar Fe



Gambar 5. Persentase Penurunan Fe dan Mn pada hari ke-20



Gambar 8. Persentase Penurunan Kadar Mn



Gambar 6. Persentase Penurunan Fe dan Mn pada hari ke-30

[7]. Dalam penelitiannya digunakan 2 bak yang masing-masing berisi 25% dan 50% air limbah selama 5 hari, dengan sebelumnya sudah dilakukan aklimatisasi untuk penyesuaian tumbuhan selama 7 hari. Pada bak volume yang berisi konsentrasi 50% air limbah, didapatkan hasil reduksi kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada Tabel 1.

Tabel 5.
Kondisi Eksisting Air Asam Tambang

Parameter	Data Air Asam Tambang PT. Balangan Coal	Baku mutu
pH	3,2	6-9
Fe (besi)	23,12 mg/L	7 mg/L
Mn (mangan)	25,5 mg/L	4 mg/L

Berdasarkan pada Tabel 1, didapatkan grafik penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) serta persentase removal tumbuhan. pada air limbah konsentrasi 50%, seperti pada Gambar 1.

Setelah diketahui penurunan Fe dan Mn pada konsentrasi air limbah 50%, selanjutnya didapatkan data pada konsentrasi air limbah 25% sebagai hasil reduksi kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada Tabel 2.

Berdasarkan pada Tabel 2, didapatkan grafik penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) serta persentase removal tumbuhan. pada air limbah konsentrasi 25%, seperti pada Gambar 2.

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 maka dapat diketahui *Salvinia molesta* mereduksi lebih baik pada konsentrasi 25% air limbah,

dibandingkan pada konsentrasi 50% air limbah. Hal ini dapat dilihat pada hasil efisiensi removal lebih tinggi pada saat konsentrasi 25% air limbah.

Terdapat penelitian lain yang menggunakan tumbuhan *Salvinia molesta* pada air limbah perkotaan yang memiliki pH rendah serta kadar besi (Fe) [8]. Pada penelitian tersebut terdapat 2 bak yaitu pada bak pertama dilakukan fitoremediasi selama 5 hari, dan pada bak kedua dilakukan fitoremediasi selama 10 hari. Sampling dilakukan pada satu titik di salah satu kota Thrissur, India. Daerah tersebut merupakan area industri sehingga banyak air limbah yang dihasilkan pada area tersebut. Salah satunya air limbah yang mengandung kadar besi (Fe). Air limbah tersebut memiliki pH sebesar 5 yang artinya cenderung asam. Penurunan kadar besi (Fe) pada hari ke 5 dan hari ke 10, dapat dilihat pada Gambar 3.

Salvinia molesta dapat menurunkan kadar besi (Fe) dari 0,775 ppm menjadi 0,038 ppm pada hari ke 5, dan menjadi 0,01 ppm pada hari ke 10. Setelah 10 hari, pH sampel mengalami peningkatan dari 5 menjadi 6,5. Sehingga *Salvinia molesta* dapat mengurangi tingkat keasaman pada air limbah. Dari data tersebut tidak digunakan untuk penelitian karena mempunyai konsentrasi awal yang rendah namun dapat diketahui kemampuan tumbuhan *s. molesta*.

Fitoremediasi menggunakan *Salvinia natans* dilakukan di air limbah pertambangan [9]. Perlakuan tumbuhan dilakukan dengan 3 perlakuan pengulangan pada hari yang berbeda yaitu tumbuhan ditanam selama 10 hari, 20 hari, dan 30 hari. Hasil penurunan pengukuran kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dari hari ke 0 sampai hari ke 30, dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 didapatkan grafik perbedaan persentase removal Fe dan Mn dengan menggunakan *Salvinia natans* dan tanpa tumbuhan di hari ke-10, ke-20, dan ke-30 yang dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.

Persentase penurunan kadar besi (Fe) dan Mn secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 7 persentase optimum removal kadar besi (Fe) berada pada hari ke 20. Sedangkan pada Gambar 8 persentase optimum removal mangan (Mn) berada pada hari ke 30.

Kadar besi dan mangan kemudian disesuaikan dengan baku mutu air limbah pertambangan yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Fitoremediasi menggunakan tumbuhan *salvinia molesta*, didapatkan hasil removal optimum sebesar 29% removal kadar besi (Fe) dan 73,33% removal mangan (Mn) [7]. Sedangkan pada fitoremediasi menggunakan tumbuhan *salvinia natans* didapatkan hasil removal optimum yaitu sebesar 56,92% kadar besi (Fe) dan 69,41% mangan (Mn) [9].

B. Efisiensi Removal Tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans*

Dalam menentukan kebutuhan tumbuhan yang digunakan dalam uji fitoremediasi, perlu diketahui kondisi eksisting air asam tambang di lokasi studi kasus. Data tersebut didapatkan

berdasarkan jurnal dan studi literatur yang menggambarkan pada daerah tersebut. Kondisi eksisting air asam tambang pada studi kasus dapat dilihat pada Tabel 5.

Percobaan ini akan menggunakan wadah berukuran 15 L dengan dimensi 29 x 28 x 24 cm sebanyak 2 unit untuk masing-masing tumbuhan. Volume air yang digunakan sebanyak 10 L. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan kedua jumlah tumbuhan yang digunakan.

- Massa *S. molesta* = Densitas *S. molesta* x Volume Air
= 0,015 gr/cm³ x 10000cm³
= 150 gram
- Jumlah tumbuhan = $\frac{\text{massa tumbuhan}}{\text{berat basah}}$
= $\frac{150 \text{ gram}}{3 \text{ gram}}$
= 50 Tumbuhan
- Massa *S. natans* = Densitas tumbuhan *S. natans* x Volume Air
= 0,012 gr/cm³ x 10000 cm³
= 120 gram
- Jumlah tumbuhan = $\frac{\text{massa tumbuhan}}{\text{berat basah}}$
= $\frac{120 \text{ gram}}{2,85 \text{ gram}}$
= 42 Tumbuhan

Selanjutnya perhitungan untuk mengetahui kemampuan uptake yang dilakukan oleh 1 unit tumbuhan dalam menyerap Fe di air limbah. Berikut perhitungan untuk tumbuhan *S. molesta*:

- Fe = 23,12 mg/L
- Volume = 10 L
- Jumlah tumbuhan yang digunakan = 50 Tumbuhan
- Berat tumbuhan = 3 g

Perhitungan beban limbah yang diterima oleh 50 tumbuhan

- Volume air x Fe = 10 L x 23,12 mg/L
= 231 mg Fe/ 50 tumbuhan
- Total berat tumbuhan = 50 x 3 g
= 150 g

Maka dalam 10 L = $\frac{231 \text{ mg}}{150 \text{ g}}$

Kemudian disesuaikan dengan volume air limbah dalam studi kasus, yaitu 5000 L.

- Beban Fe = 5000 L x 23,12 mg/L
= 115.600 mg
- Jumlah tumbuhan = $\frac{115.600 \text{ mg}}{\frac{231 \text{ mg}}{150 \text{ g}}}$
= 115.600 mg x $\frac{150 \text{ g}}{231 \text{ mg}}$
= $\frac{75.064}{3 \text{ g}}$
= 25.021 tumbuhan

Perhitungan untuk tumbuhan *S. natans* sebagai berikut:

- Fe = 23,12 mg/L
- Volume = 10 L
- Jumlah tumbuhan yang digunakan = 42 tumbuhan
- Berat tumbuhan = 2,85 g

Perhitungan beban limbah yang diterima oleh 42 tumbuhan

- Volume air x Fe = 10 L x 23,12 mg/L

$$\begin{aligned}
 &= 231 \text{ mg Fe/ 42 tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Total berat tumbuhan} &= 42 \times 2,85 \text{ g} \\
 &= 120 \text{ g} \\
 \text{Maka dalam 10 L} &= \frac{231 \text{ mg}}{120 \text{ g}}
 \end{aligned}$$

Kemudian disesuaikan dengan volume air limbah dalam studi kasus, yaitu 5000 L.

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Beban Fe} &= 5000 \text{ L} \times 23,12 \text{ mg/L} \\
 &= 115.600 \text{ mg} \\
 \bullet \text{ Jumlah tumbuhan} &= \frac{115.600 \text{ mg}}{\frac{231 \text{ mg}}{120 \text{ g}}} \\
 &= 115.600 \text{ mg} \times \frac{120 \text{ g}}{231 \text{ mg}} \\
 &= \frac{60.000 \text{ g}}{2,85 \text{ g}} \\
 &= 21.052 \text{ tumbuhan}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk mengetahui kemampuan *uptake* yang dilakukan oleh 1 unit *S. molesta* dalam menyerap Mn di air limbah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Mn} &= 25,5 \text{ mg/L} \\
 \bullet \text{ Volume} &= 10 \text{ L} \\
 \bullet \text{ Jumlah tumbuhan yang digunakan} &= 50 \text{ Tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Berat tumbuhan} &= 3 \text{ g} \\
 \text{Perhitungan beban limbah yang diterima oleh 50 tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Volume air} \times \text{Mn} &= 10 \text{ L} \times 25,5 \text{ mg/L} \\
 &= 255 \text{ mg Mn/ 50 tumbuhan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Total berat tumbuhan} &= 50 \times 3 \text{ g} \\
 &= 150 \text{ g} \\
 \text{Maka dalam 10 L} &= \frac{255 \text{ mg}}{150 \text{ g}} \\
 \text{Kemudian disesuaikan dengan volume air limbah dalam studi} \\
 \text{kasus, yaitu 5000 L.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Beban Mn} &= 5000 \text{ L} \times 25,5 \text{ mg/L} \\
 &= 127.500 \text{ mg} \\
 \bullet \text{ Jumlah tumbuhan} &= \frac{127.500 \text{ mg}}{\frac{255 \text{ mg}}{150 \text{ g}}} \\
 &= 127.500 \text{ mg} \times \frac{150 \text{ g}}{255 \text{ mg}} \\
 &= \frac{75.000 \text{ g}}{3 \text{ g}} \\
 &= 25.000 \text{ tumbuhan}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk tumbuhan *S.natans* sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Mn} &= 25,5 \text{ mg/L} \\
 \bullet \text{ Volume} &= 10 \text{ L} \\
 \bullet \text{ Jumlah tumbuhan yang digunakan} &= 42 \text{ Tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Berat tumbuhan} &= 2,85 \text{ g} \\
 \text{Perhitungan beban limbah yang diterima oleh 42 tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Volume air} \times \text{Mn} &= 10 \text{ L} \times 25,5 \text{ mg/L} \\
 &= 255 \text{ mg Mn/ 42 tumbuhan} \\
 \bullet \text{ Total berat tumbuhan} &= 42 \times 2,85 \text{ g} \\
 &= 120 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka dalam 10 L} &= \frac{255 \text{ mg}}{120 \text{ g}} \\
 \text{Kemudian disesuaikan dengan volume air limbah dalam studi} \\
 \text{kasus, yaitu 5000 L.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Beban Mn} &= 5000 \text{ L} \times 25,5 \text{ mg/L} \\
 &= 127.500 \text{ mg} \\
 \bullet \text{ Jumlah tumbuhan} &= \frac{127.500 \text{ mg}}{\frac{255 \text{ mg}}{120 \text{ g}}} \\
 &= 127.500 \text{ mg} \times \frac{120 \text{ g}}{255 \text{ mg}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{60.000 \text{ g}}{2,85 \text{ g}} \\
 &= 21.052 \text{ tumbuhan}
 \end{aligned}$$

Dalam menentukan efisiensi removal supaya mencapai baku mutu dilakukan dengan mencari Indeks Fitoremediasi atau IFR. Perhitungan IFR adalah sebagai berikut:

$$\text{Indeks Fitoremediasi} = \frac{[awal]-[akhir]}{[awal]} \times 100\%$$

$$\bullet \text{ Fe} = \frac{23,12-7}{23,12} \times 100\%$$

$$= \frac{16,12}{23,12} \times 100\%$$

$$= 69,7\%$$

$$\bullet \text{ Mn} = \frac{25,5-4}{25,5} \times 100\%$$

$$= \frac{21,5}{25,5} \times 100\%$$

$$= 84,3\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi removal Fe untuk mencapai baku mutu adalah 69,7 % sedangkan untuk Mn adalah 84,3%.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari studi literatur ini adalah tumbuhan *salvinia molesta* dapat menyerap kadar besi (Fe) sebesar 7,1 mg/L dan mangan (Mn) sebesar 2,16 mg/L, sedangkan *salvinia natans* dapat menyerap kadar besi (Fe) sebesar 3,22 mg/L dan mangan (Mn) sebesar 2,44 mg/L. Efisiensi removal yang dibutuhkan oleh tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* untuk menurunkan kadar Fe supaya mencapai baku mutu adalah sebesar 69,7%. Sedangkan untuk menurunkan kadar Mn efisiensi removal yang harus dicapai adalah 84,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Søndergaard, B. Elberling, and G. Asmund, "Metal speciation and bioavailability in acid mine drainage from a high Arctic coal mine waste rock pile: Temporal variations assessed through high-resolution water sampling, geochemical modelling and DGT," *Cold Reg. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 2, pp. 89–96, 2008.
- [2] A. Anggriawan, E. Saputra, and M. Olivia, "Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn Pada Air Gambut dengan Pemanfaatan Geopolimer dari Kaolin Sebagai Adsorben," Riau University, 2015.
- [3] B. E. Pivetz, *Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites*. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development~..., 2001.
- [4] L. Indriatmoko, "Kemampuan beberapa tumbuhan air dalam menurunkan pencemaran bahan organik dan fosfat untuk memperbaiki kualitas air ability aquatic plants to reduce organic matters and phosphate pollution for improve water quality," *J. Teknol. Lingkung. Vol.*, vol. 19, no. 2, p. 183, 2018.
- [5] F. Baroroh, "Fitoremediasi air tercemar tembaga (cu) menggunakan *salvinia molesta* dan *pistia stratiotes* serta pengaruhnya terhadap budidaya tanaman brassica rapa," Universitas Brawijaya, 2017.
- [6] A. Isnaini, F. Rohman, H. Tuarita, and J. S. No, "Pengaruh jenis gulma air terhadap penurunan kadar kromium (cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit di kota malang," Universitas Malang, 2016.
- [7] S. Manjounath and H. Kousar, "Phytoremediation of textile industry effluent using aquatic macrophytes," *Int. J. Environ. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 65–74, 2016.
- [8] G. T. George and J. J. Gabriel, "Phytoremediation of heavy metals from municipal waste water by *Salvinia molesta* Mitchell," *Haya Saudi J. Life Sci.*, vol. 2, pp. 108–115, 2017.
- [9] M. Mardalena, M. Faizal, and A. Napoleon, "The Absorption of Iron (Fe) and Manganese (Mn) from Coal Mining Wastewater with

Phytoremediation Technique Using Floating Fern (*Salvinia natans*), Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*)," *Biol. Res. J.*, vol. 4, pp. 1–7, 2018.