

Bioremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan EM4 dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)

Bioremediation of Tofu Wastewater Using EM4 and Apu Plant (*Pistia stratiotes* L.)

Nahdliyah Nurul Aini^{1*)}, Ratna Djuniwati Lisminingsih^{2**)}, Ahmad Syaumi^{3***)}
¹²³Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang
¹²³Faculty of Mathematics and Natural Science University of Islam Malang

ABSTRAK

Banyaknya pabrik tahu yang berdiri mengakibatkan banyaknya limbah yang dihasilkan. Pabrik tahu yang berdiri rata-rata merupakan usaha berskala kecil yang tidak mampu membuat pengolahan limbah sendiri, sehingga limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan apapun, ini dapat mencemari lingkungan. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan sederhana tanpa membutuhkan banyak biaya seperti bioremediasi menggunakan EM4 dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Penelitian bertujuan mempelajari bioremediasi limbah cair tahu dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS menggunakan *Effective Microorganism-4* (EM4) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 perlakuan (P1, P2 dan P3) yaitu P1 sebagai perlakuan kontrol (tidak diberi EM4 maupun tumbuhan kayu apu), P2 sebagai perlakuan bioremediasi menggunakan EM4, dan P3 sebagai perlakuan menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Masing-masing perlakuan dilakukan 7 kali ulangan. Parameter yang diukur adalah pH, BOD, COD dan TSS limbah sebelum dan sesudah perlakuan. Data hasil pengamatan dianalisis dengan uji ANOVA kemudian diuji BNT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan bioremediasi menggunakan *Effective microorganism-4* (EM4) dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), tetapi belum efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair tahu. Perlakuan tidak efektif karena hasil remediasi masih belum memenuhi standar baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 52 Tahun 2014.

Kata kunci: EM4, limbah cair tahu, pengolahan limbah, *Pistia stratiotes* L.

ABSTRACT

The number of tofu factories that have been established has resulted in a large amount of waste being produced. Tofu factories that stand on average are small-scale businesses that cannot afford to manufacture their own waste treatment, so that the waste produced is directly disposed into the environment without processing, this can pollute the environment. Waste treatment can be done in a simple way that doesn't require a lot of money, such as bioremediation using EM4 and Apu plant (*Pistia stratiotes* L.). The aim of this research was to study bioremediation of tofu wastewater in reducing BOD, COD and TSS levels using *Effective Microorganism-4* (EM4) and Apu plant (*Pistia stratiotes* L.). This research using experimental method and Completely Randomized Design (CRD), with 3 treatments (P1, P2 and P3) that is P1 as the control treatment (without EM4 and Apu plant), P2 as the bioremediation treatment using EM4, and P3 as treatment using Apu plant (*Pistia stratiotes* L.). Each treatment was repeated 7 times. Parameters measured included pH, BOD, COD and TSS of the waste before and after treatment. Observational data were analyzed by ANOVA test then tested by LSD test. The research results showed that there were differences in bioremediation using *Effective microorganism-4* (EM4) and Apu plant (*Pistia stratiotes* L.) but it was not yet effective in reducing BOD, COD and TSS levels in tofu wastewater. The treatment was ineffective because the remediation results still did not meet the quality standards in East Java Governor Regulation No 52 of 2014.

*) Nahdliyah Nurul Aini, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, e-mail: nadia.aini205@gmail.com

**) Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si., Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, e-mail: ratna.djuniwati@unisma.ac.id

***) Ir. Ahmad Syaumi, M.Si., Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, e-mail: syaumi.fmipa@unisma.ac.id

Keywords: EM4, *Pistia stratiotes* L., tofu wastewater, waste treatment.

Pendahuluan

Menurut Deffy [1] proses pencucian kedelai, perendaman, penyaringan, pencetakan dan pencucian peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan tahu menghasilkan limbah cair tahu. Bahan organik berupa padatan tersuspensi maupun terlarut, seperti protein dan asam amino, dapat dijumpai pada limbah cair tahu. Senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi. Mayoritas pabrik penghasil tahu membuang limbahnya langsung ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu sehingga dapat mencemari lingkungan.

Effective Microorganism-4 (EM4) merupakan jenis mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses bioremediasi. Bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), bakteri fotosintetik *Rhodospseudomonas* sp., jamur fermentasi (*Saccharomyces* sp.), *Actinomyces*, dan ragi adalah kultur campuran mikroorganisme fermentatif yang membentuk EM4 bekerja dalam meningkatkan zat hara dan mengurangi zat pencemar [2].

Salah satu tumbuhan fitoremediator adalah kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), yang dapat mengolah limbah organik dan anorganik serta limbah yang mengandung logam berat. Tumbuhan ini dapat menggunakan akarnya untuk mencengkeram lumpur dan mengambil kelebihan unsur hara dari air tempat mereka tinggal, oleh karena itu, kayu apu dapat digunakan sebagai alternatif bioremediator untuk pengolahan air limbah [3].

Material dan Metode

Waktu dan Tempat

Sampel diambil di salah satu pabrik pembuatan tahu di Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Penelitian dilakukan pada bulan Juli – September 2022 bertempat di Laboratorium Pusat Universitas Islam Malang. Pengukuran COD dan TSS dikerjakan di Laboratorium Air Jasa Tirta I Malang.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu, larutan *Effective Microorganism-4* (EM4), tumbuhan kayu apu, *digestion solution* tinggi dan rendah, air bebas organik, asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), larutan pereaksi asam sulfat, larutan baku kalium hidrogen ftalat, air suling dan kertas saring Whatman 934 AH.

Alat yang digunakan adalah jerigen untuk pengambilan sampel, wadah plastik, pH meter, DO meter, tabung refluks, kuvet dan spektrofotometer, pemanas dengan lubang penyangga tabung (heating block), *digestion vessel*, pipet volume, buret, labu ukur, *magnetic stirrer*, timbangan analitik, oven, pipet 10 mL, kaca arloji atau cawan petri, gelas piala, rak tabung, erlenmeyer, corong, pinset, gelas ukur, gelas beaker, desikator, termometer, dan alat penyaring.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah ekperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL), mengguakan 3 perlakuan dan 7 ulangan dengan rincian P1 sebagai perlakuan kontrol, P2 sebagai perlakuan EM4 (konsentrasi 15%), dan P3 sebagai perlakuan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Variabel dalam penelitian ada variabel bebas yaitu EM-4 dan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) yang digunakan sebagai pengolah limbah cair tahu. Serta variabel terikat berupa pH, BOD, COD, dan TSS dari limbah cair tahu sebelum dan sesudah penelitian.

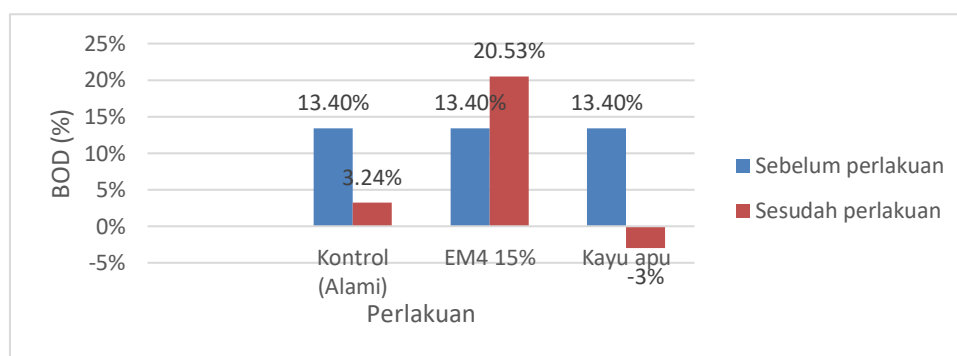
Cara Kerja

Cara Kerja dalam penelitian ini pertama mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan, dan dilakukan pengaktifan EM4 dan aklimatisasi tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 7 hari. Sampel limbah cair tahu diambil serta diukur kadar pH, BOD, COD, dan TSS sebelum pemberian perlakuan. Selama 10 hari dilaksanakan percobaan pada limbah dengan 3 perlakuan berbeda dan 7 ulangan. Perlakuan 1 limbah cair tidak ditambahkan apapun (kontrol). Perlakuan 2 limbah diberi larutan EM4 yang sudah diaktifkan dengan konsentrasi 15%. Perlakuan 3 limbah cair tahu diberi tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) yang telah diaklimatisasi. Pengambilan data pH, BOD, COD, dan TSS setelah perlakuan dilakukan pada hari ke-10. Setelah data didapatkan, analisis data dilaksanakan dengan uji ANOVA dan uji lanjutan BNT.

Hasil dan Diskusi

BOD

DO meter digunakan untuk mengukur DO atau oksigen terlarut awal (DO_i) dan DO hari ke-5 setelah diinkubasi (DO_5). Nilai BOD didapatkan dari perhitungan selisih antara DO_i dan DO_5 dengan rumus: $DO_i - DO_5$ [4]. Hasil pengukuran didapatkan rata-rata BOD pada gambar 1.



Gambar 1. Rata-Rata BOD Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Selama 10 Hari

Kadar BOD turun sebanyak 10,16% pada kontrol, hal ini menunjukkan terdapat pemakaian oksigen di lingkungan oleh mikroba secara alami. Penurunan ini juga menunjukkan bahwa proses dekomposisi senyawa organik terjadi secara alami dalam limbah meskipun tidak ditambahkan zat tambahan untuk membantunya, sehingga nilai BOD menurun seiring dengan pengolahan yang berlangsung. Menurut Ken [5], proses dekomposisi pada limbah cair tahu secara alami dilakukan oleh bakteri indigenus yang diperkirakan merupakan bakteri genus *Pseudomonas* dan genus *Bacillus*. Kedua bakteri ini dapat menghasilkan enzim protease yang dapat mendegradasi bahan organik pada limbah khususnya protein.

Kenaikan kadar BOD terjadi pada perlakuan EM4 sebanyak 7,13%. Kenaikan ini dimungkinkan karena tidak adanya penambahan oksigen selama penelitian dan banyaknya konsentrasi EM4 yang diberikan pada limbah tahu. Banyaknya konsentrasi menunjukkan mikroorganisme yang dikandung juga banyak, sehingga kebutuhan nutrisinya juga semakin besar dan menyebabkan kompetisi antar mikroorganisme dalam mendapat nutrisi terutama oksigen. Terbatasnya kebutuhan bakteri yang tersedia menjadikan banyak mikroorganisme yang mati dan akhirnya nilai BOD meningkat. Hal ini juga dijelaskan oleh Munawaroh [2] bahwa jika pasokan oksigen yang tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan mikroorganisme, nilai BOD akan meningkat. Sehingga penting untuk memberikan suplai oksigen yang konsisten agar pengolahan menjadi lebih ideal dan kadar BOD berkurang.

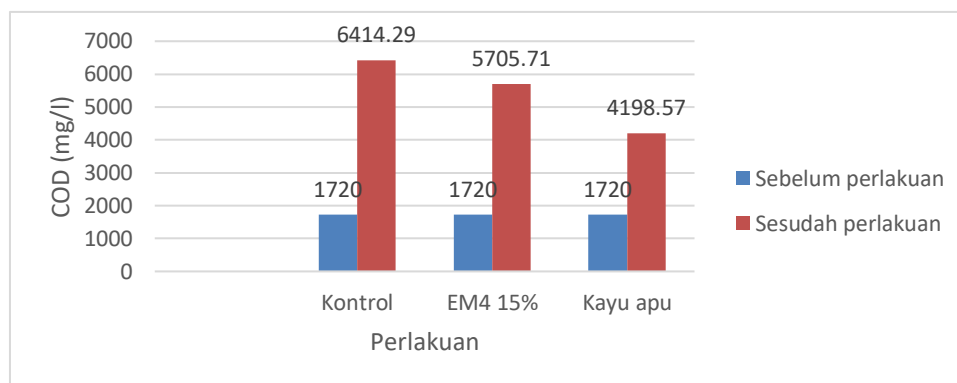
Pengolahan dengan perlakuan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) memiliki nilai DO_5 yang lebih besar dari DO_i -nya hal ini dimungkinkan karena bertambahnya oksigen terlarut dalam limbah.

Keberadaan tumbuhan kayu apu pada limbah tidak dapat mengurangi zat organik yang ada di dalamnya. Banyaknya bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme tidak berkurang sehingga tidak ada proses degradasi bahan organik dalam limbah tahu.

Data hasil pengukuran BOD diuji ANOVA untuk mengetahui adanya perbedaan rerata antar perlakuan. Hasilnya didapatkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ sehingga disimpulkan bahwa rata-rata pada setiap kelompok berbeda nyata. Selanjutnya dilakukan uji lanjutan BNT juga didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti rata-rata antar perlakuan berbeda secara signifikan karena nilai signifikansi $< 0,05$.

COD

Pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan metode analisa sesuai SNI 6989.2.2019 yaitu analisa COD refluks tertutup secara spektrofotometri, dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rata-Rata COD Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Selama 10 Hari

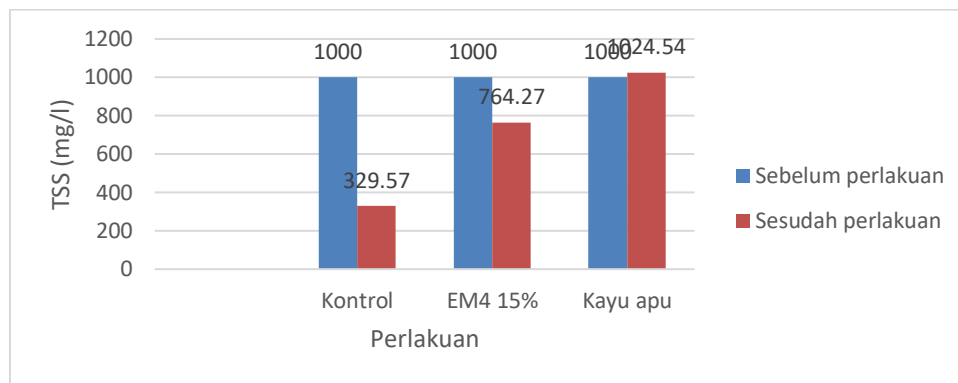
Gambar 2 menunjukkan rata-rata COD sebelum dan sesudah perlakuan. Telah terjadi kenaikan nilai COD pada semua perlakuan. Hal ini dimungkinkan karena tidak adanya penambahan oksigen pada limbah sehingga mempengaruhi metabolisme bakteri yang ada pada limbah tahu. Kadar oksigen terlarut dalam limbah yang kurang dari kebutuhan bakteri dalam mengurai senyawa organik merupakan faktor lingkungan yang membuat nilai COD tinggi. Limbah cair tahu mengandung banyak senyawa organik yang tinggi karena tahu memiliki kandungan protein yang besar. Hal ini menyebabkan jumlah oksigen yang dibutuhkan semakin banyak untuk menguraikan senyawa organik yang ada pada limbah [6].

Menurut Sari [7] bahwa adanya tumbuhan pada limbah cair dapat menurunkan kadar COD dalam limbah karena tumbuhan melakukan proses fotosintesis yang dapat menyuplai oksigen yang dibutuhkan dalam mendegradasi bahan organik. Namun meningkatnya nilai COD dikarenakan tumbuhan juga dapat terjadi seperti daun-daun yang terendam air akan membusuk dan rusak sehingga bahan organik dalam air limbah akan bertambah dan nilai COD meningkat. Selain itu, naiknya nilai COD juga dimungkinkan karena tidak adanya penambahan air selama penelitian berlangsung, sehingga kadar air limbah cair tahu berkurang karena adanya penguapan menjadikan kandungan senyawa organik yang dimilikinya semakin pekat yang menyebabkan nilai COD yang semakin besar.

Hasil analisis data pada data COD didapatkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ sehingga disimpulkan bahwa rata-rata pada setiap kelompok berbeda nyata. Selanjutnya dilakukan uji lanjutan BNT juga didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti rata-rata antar perlakuan berbeda secara signifikan karena nilai signifikansi $< 0,05$.

TSS

Metode pengukuran TSS yang digunakan mengacu pada analisis menurut APHA 2540 D-2017 dan didapatkan hasil pada gambar 3.



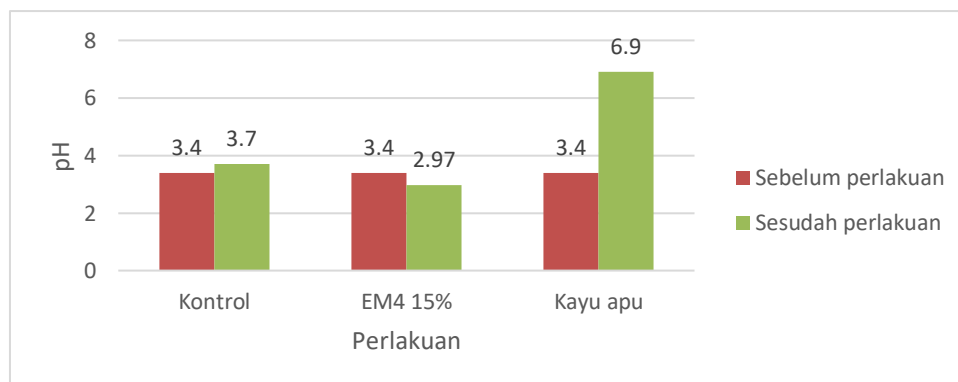
Gambar 3. Rata-Rata TSS Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Selama 10 Hari

Nilai TSS pada perlakuan kontrol dan EM4 turun secara berturut-turut yaitu sebanyak 670,43 mg/l dan 235,73 mg/L. Hal ini dapat terjadi karena pengendapan yang dilakukan oleh bakteri mengakibatkan nilai TSS menurun. Reaksi pengendapan pada limbah oleh bakteri menyebabkan terjadi koagulasi secara perlahan dan partikel limbah menjadi endapan dapat menurunkan kadar TSS selama pengolahan. Nilai TSS pada perlakuan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) mengalami sedikit kenaikan sebanyak 24,54 mg/L. Tumbuhan kayu apu dapat menurunkan nilai TSS karena koloid yang melayang dalam air menempel pada akar serabut yang dimilikinya. Koloid yang menempel akan semakin banyak jika akar serabut yang dimiliki lebih banyak [7]. Namun sedikit kenaikan nilai TSS pada perlakuan kayu apu ini juga mungkin karena kurangnya kehati-hatian dalam mengambil sampel yang akan diukur sehingga padatan yang sudah mengendap menjadi terhomogen kembali dan ikut terukur pada TSS.

Data TSS yang didapatkan diuji menggunakan ANOVA dan diperoleh nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ sehingga disimpulkan, bahwa rata-rata pada setiap kelompok berbeda nyata. Selanjutnya dilakukan uji lanjutan BNT juga didapatkan hasil nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti rata-rata antar perlakuan berbeda secara signifikan karena nilai signifikansi $< 0,05$.

pH

pH diukur untuk mengetahui apakah masing-masing perlakuan dapat mengubah pH yang dimiliki limbah cair tahu atau tidak. Pengukuran dilakukan menggunakan alat pH meter. Hasilnya ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rata-Rata pH Sebelum dan Sesudah Diberi Perlakuan Selama 10 Hari

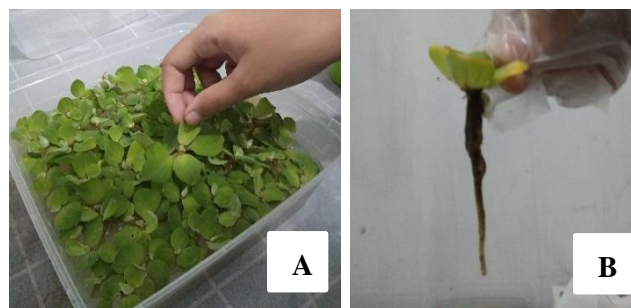
pH perlakuan kontrol ada sedikit kenaikan sebesar 0,3 dan pH perlakuan kayu apu naik sebanyak 3,5 sedangkan pH perlakuan EM4 sedikit menurun sebanyak 0,43. Ada beberapa faktor yang membuat naik turunnya pH. Jumlah kandungan karbon dioksida (CO_2) dalam air adalah salah satunya. Nilai pH dipengaruhi oleh karbon dioksida yang dapat memicu konsentrasi ion hidrogen. Semakin

banyak konsentrasi CO₂ yang dimiliki oleh air, maka ion hidrogen yang dikandungnya pun akan semakin banyak dan menjadikan air tersebut menjadi asam atau pH air semakin turun. Menurut Nurhidayah, perubahan pH yang terjadi juga dapat karena selama penelitian berlangsung tidak ada pergantian air dan pengoperasian aerator. Menurut Charisma [8], tumbuhan kayu apu memiliki peran dalam meningkatkan pH. Ini disebabkan oleh proses fotosintesis tumbuhan. CO₂ diubah melalui fotosintesis menjadi C₆H₁₂O₆, yang membutuhkan hidrogen dan energi. H⁺ yang berasal dari udara dan air limbah, merupakan sumber hidrogen, oleh karena itu, penggunaan H⁺ akan menyebabkan pH menjadi naik.

Penurunan pH pada perlakuan EM4 kemungkinan terjadi karena bakteri EM4 melakukan proses dekomposisi bahan organik. Bahan organik memiliki unsur karbon di dalamnya, maka pada saat dekomposisi akan banyak karbon yang dilepaskan ke dalam air. CO₂ masuk ke dalam air dan air merupakan senyawa organik yang mudah teroksidasi. Masuknya karbon dioksida dapat mengubah pH air menjadi asam sebab karbon anorganik terlarut dapat meningkatkan ion hidrogen (H⁺). Selain itu, sifat asam larutan EM4 dan aktivitas mikroorganisme yang mengubah senyawa organik menjadi asam organik dapat menyebabkan penurunan pH [9]. Dwicaksono [10] mengatakan bahwa bahan organik pada limbah terurai menjadi asam organik yang menyebabkan turunnya pH. Pemecahan karbohidrat, protein, dan lemak menghasilkan pembentukan asam organik ini.

Morfologi Tumbuhan Kayu Apu

Selama penelitian berlangsung, terdapat perbedaan morfologi pada tumbuhan kayu apu antara sebelum dan sesudah perlakuan yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Tumbuhan Kayu Apu Sebelum Perlakuan (A) dan Setelah Perlakuan (B)

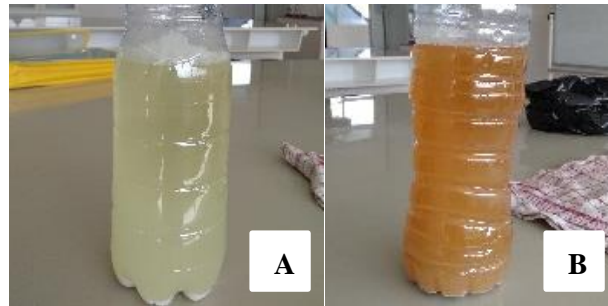
Sebelum perlakuan, tumbuhan tampak segar, daun berwarna hijau. Namun setelah perlakuan daun menguning, dan akar menjadi kotor dan menyatu. Menguningnya daun kayu apu, dapat disebabkan oleh kurangnya nutrisi yang didapatkan oleh tumbuhan tersebut. Terbatasnya nutrisi yang ada pada limbah tahu dan banyaknya tumbuhan dalam wadah menyebabkan terjadi kompetisi antar tumbuhan dalam mendapat makanan. Seperti yang dijelaskan oleh Jamil [11] bahwa menguningnya daun tumbuhan menunjukkan gejala klorosis. Menurut Putri *et al* [12], klorosis dapat terjadi karena laju pertumbuhan klorofil sama atau lebih kecil daripada laju penurunan klorofil sebab terhambatnya pembentukan klorofil yang menjadikan daun tidak berwarna hijau. Hal tersebut juga menandakan menurunnya metabolisme tumbuhan yang disebabkan ketersediaan unsur hara yang terbatas tanpa penambahan nutrisi bagi pertumbuhan tumbuhan kayu apu.

Selain daunnya menjadi berwarna kuning, akar tumbuhan kayu apu juga menjadi kotor dan menyatu. Hal ini terjadi karena banyaknya koloid yang menempel pada akar tumbuhan. Kurangnya oksigen juga membuat permeabilitas akar terhadap air berkurang dan kadar CO₂ naik [7]. Menurut Putri *et al* [12], akar merupakan organ tumbuhan yang pertama bersinggungan dengan limbah yang memiliki

zat toksik di dalamnya, sehingga akar menjadi bagian yang lebih dulu berubah morfologinya dibanding bagian yang lain.

Penampakan Perlakuan Kontrol dan EM4

Terdapat perubahan penampakan sesudah terjadinya perlakuan kontrol dan EM4 yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Limbah Cair Tahu Setelah Perlakuan Kontrol (A) Limbah Cair Tahu Setelah Perlakuan EM4 (B)

Limbah pada perlakuan kontrol sesudah perlakuan tampak lebih bening dibandingkan yang sebelum perlakuan. Mengendapnya padatan yang ada pada limbah menyebabkan cairan tampak lebih jernih. Permukaan atasnya terdapat lapisan putih yang mirip plastik. Limbah pada perlakuan EM4 15%, setelah diberi perlakuan, limbah menjadi lebih berwarna orange, di dinding botol terdapat banyak gelembung udara dan botol lebih mengembung yang jika dibuka tutup botolnya akan mengeluarkan gas. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme pada perlakuan EM4 15%. Permukaan atasnya juga terdapat lapisan seperti yang ada pada perlakuan kontrol.

Menggembungnya botol dan adanya gelembung udara pada air ini menunjukkan bahwa terdapat karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan dalam proses yang berlangsung di dalam botol. Gas ini dihasilkan dari hasil pernapasan yang dilakukan oleh bakteri. Menurut Dwidjoseputro [13], CO_2 timbul dari hasil respirasi bakteri anaerob maupun aerob. CO_2 akan larut dalam air dan mungkin juga terdifusi meninggalkan medium jika CO_2 yang timbul sedikit. Terdapatnya buih pada medium ini menunjukkan CO_2 yang dihasilkan banyak dan cepat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antar perlakuan di dalam menurunkan BOD dan TSS secara alami tetapi tidak mencapai baku mutu air limbah industri. Perlakuan dengan tumbuhan kayu apu dapat memberikan kelarutan oksigen ke dalam limbah tetapi nilai TSS terjadi kenaikan dari 1000 mg/L menjadi 1024,5 mg/L. Nilai TSS menurun dari 1000 mg/L menjadi 764,27 mg/L dan BOD naik dengan perlakuan EM4 secara anaerobik. Hal ini menunjukkan adanya degradasi bahan organik dan pertumbuhan biomassa mikroorganisme. Semua perlakuan memberikan nilai COD lebih tinggi selama pengolahan, sehingga perlakuan yang dilakukan masih kurang efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS.

Daftar Pustaka

[1] Deffy, T., W. Nilandita, I. Munfarida. 2020 Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Larutan EM4 secara Anaerob-Aerob. *Skripsi*. UIN Sunan Ampel Surabaya.

- [2] Munawaroh, U., M. Sutisna, K. Pharmawati. 2013. Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya. *Reka Lingkungan Jurnal Institut Teknologi Nasional*. 1(2):93-104.
- [3] Raissa, D.G. 2017. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Echhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Undergraduate thesis*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [4] Santoso, A.D. 2018. Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu bara. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 89-96.
- [5] Ken, R. R., A. W. N. Jati, L. I. M. Yulianti. 2019. Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Biota*. 4 (1): 8-15.
- [6] Rizki, N., et al. 2015. Penurunan Konsentrasi COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu dengan Teknologi Kolam (Pond) - Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(1):1-9.
- [7] Sari, S.V., Narwati, Pratiwi H. 2020. Pengeplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD Dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional*. 8(1):1-14.
- [8] Charisma W., et al. 2015. Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, COD dan Warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(2): 1-8.
- [9] Sundari, I.W.F. 2014. Pengaruh Penggunaan Bioaktivator EM4 dan Penambahan Tepung Ikan terhadap Spesifikasi Pupuk Organik Cair Rumput Laut *Gracilaria* sp. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 3(3):88-94.
- [10] Dwicaksono, M. R. 2013. *Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms pada Limbah Cair Industri Perikanan terhadap Kualitas Pupuk Cair Organik*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang
- [11] Jamil, A., et al. 2016. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak dan Jumlah Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Terhadap Penurunan Kadar Cadmium (Cd) Limbah Batik Home Industry "X" di Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(4):763-770.
- [12] Putri, E. S. C., R. D. Lisminingsih, H. Latuconsina. 2022. Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var). *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*. 4 (2): 476-486.
- [13] Dwidjoseputro, D. 1982. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta Pusat.