

Pengaplikasian teknologi simbiosis mutualisme mikroalga *Chlorella* sp. dan agrobost pada limbah cair sagu dengan *scale up experiment*

Application of microalgae mutualism symbiosis technology Chlorella sp. and agrobost on wastewater of sago with scale up experiment

Yelmira Zalfiatri, Fajar Restuhadi, Yossie Kharisma Dewi*, Angga Pramana, Dewi Fortuna Ayu, dan Ahmad Ibrahim Roni Surya Hasibuan

Teknologi Pertanian, Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Pekanbaru, Indonesia

*e-mail: yossie.kharisma@lecturer.unri.ac.id



INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Diterima :
28 Oktober 2021
Direvisi :
08 Juni 2022
Diterbitkan :
30 Juni 2022

Kata kunci:

agrobost;
bakteri dekomposer;
Chlorella sp.;
limbah cair sagu;
mikrolaga;
symbiosis mutualisme

ABSTRAK

Pengolahan air limbah secara biologis dilakukan dengan memanfaatkan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme atau bakteri dekomposer dengan mikroalga. Penelitian ini bertujuan memperoleh perlakuan yang terbaik dari interaksi mikroalga *Chlorella* sp dengan bakteri dekomposer Agrobost pada peningkatan skala penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian berupa rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Penelitian ini menggunakan mikroalga 800 ml/L limbah cair sagu dengan 5 perlakuan Agrobost (0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% v/v). Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA dan DNMR pada tingkat 5%. Sidik ragam menunjukkan konsentrasi Agrobost memberikan pengaruh nyata pada COD, BOD, DO dan pH. Perlakuan yang dipilih dari hasil penelitian ini adalah perlakuan P4 yaitu penambahan Agrobost 8%, menunjukkan tingkat reduksi tertinggi yang memiliki nilai COD 203,3 mg/L, BOD 122,3 mg/L, DO 5,89 mg/L dan pH 9,03.

ABSTRACT

Biological wastewater treatment is carried out by utilizing the mutualism symbiosis between microorganisms or decomposer bacteria and microalgae. This study aims to obtain the best treatment from the interaction of microalgae *Chlorella* sp with Agrobost decomposer bacteria on scale up experiment. This study used a completely randomized design (CRD) with five treatments and three replications. In this study, microalgae 800 ml / L of liquid sago waste with 5 Agrobost treatments (0%, 2%, 4%, 6%, and 8% v/v). The data obtained were analyzed statistically using ANOVA and DNMR at the 5% level. The results showed that Agrobost concentration significantly affected COD, BOD, DO, and pH. The treatment chosen from the results of this study was P4 treatment with the addition of 8% Agrobost, showed the highest reduction level, which had a COD value of 203.3 mg/L, BOD 122.3 mg/L, DO 5.89 mg/L and pH 9.03.

Keywords:

agrobost;
decomposer bacteria;
Chlorella sp.;
sago wastewater;
microalgae;
mutualism symbiosis

1. Pendahuluan

Perkebunan sagu di wilayah Provinsi Riau memiliki luas areal sebesar 71.744 ha dengan produksi sebesar 257.603 ton per tahun atau sekitar 78,43% dari total produksi Indonesia (Kementerian Pertanian RI, 2019). Daerah penghasil sagu terbesar pada Kabupaten Kepulauan Meranti. Menurut Haryanto & Siswari,

(2004), satu ton pengolahan pati sagu membutuhkan air sebanyak 20.000 L, dimana 94% air menjadi limbah cair, sehingga setiap tahun sebesar 4,8 juta m³ limbah cair tersebut mencemari perairan. Limbah cair sagu mengandung *biochemical oxygen demand* (BOD) 1.736 mg/L dan mengandung *chemical oxygen demand* (COD) 3089 mg/L (Syarif *et al.*, 2019).

Tingginya kandungan bahan organik pada limbah cair sagu yang berupa pati, serat, lemak, dan protein membuat limbah cair sagu tersebut harus diolah terlebih dahulu supaya berada di bawah ambang batas limbah cair (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2014). Pemanfaatan aktivitas agen pengolah limbah terjadi pada pengolahan limbah cair secara biologis. Mikroalga merupakan salah satu agen pengolah limbah secara biologis.

Dalam rangka percepatan proses pendegradasi limbah, maka perlu dilakukan interaksi simbiosis mutualisme antara mikroalga *Chlorella* sp. dan bakteri dekomposer. Beberapa penelitian telah menggunakan variasi penambahan bakteri pengurai dalam menurunkan kadar pencemaran limbah cair sagu seperti Starbact® (Syarif *et al.*, 2019), B-DECO₃ (Pasaribu *et al.*, 2018), dan efektif mikroorganisme (EM) 4 (Simatupang & Restuhadi, 2017) dengan perlakuan penambahan bakteri pengurai yang berbeda. Alternatif lain yang juga bisa dilakukan dalam percepatan proses degradasi limbah yaitu dengan menggunakan pupuk organik. Salah satu pupuk organik adalah pupuk Agrobost yang merupakan pupuk organik cair.

Dalam pupuk Agrobost terdapat beberapa mikroba penting seperti *Azospirillum*, *Azotobacter*, Mikroba Pelarut *Pseudomonas* sp. dan *Lactobacillus* sp., Mikroba Pendegradasi Selulosa, Hormon Tumbuh Indole Acetic Acid, dan Enzim Selulase. Jenis-jenis mikroba dan enzim tersebut dapat bekerja secara maksimal. Keunggulan Agrobost dibandingkan dengan bakteri pengurai lain seperti B-DECO₃ yaitu agrobost memiliki bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Lactobacillus* sp. Selain itu Agrobost juga mengandung bakteri *Azospirillum* sp dengan kelimpahan 2.0×10^7 - 10^5 CFU/ml yang dapat menghasilkan *indole acetic acid* (IAA) sebagai hormon penumbuh. Hormon tumbuh IAA yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh mikroalga untuk mempercepat metabolisme. Penelitian Retnowati *et al.* (2002), hormon tumbuh IAA yang diaplikasikan pada mikroalga *Chlorella* sp. dengan konsentrasi 65 ppm mampu meningkatkan laju pertumbuhan dengan kepadatan sel rata-rata sebesar 2.100.000 sel/ml. Proses percepatan degradasi limbah membutuhkan konsentrasi Agrobost yang efektif, sehingga dapat bersimbiosis dengan mikroalga *Chlorella* sp. Hal ini dilakukan guna penurunan kadar polutan limbah cair sagu menjadi lebih efektif.

Pengembangan yang dapat dilakukan dari hasil penelitian sebelumnya yaitu perlu adanya peningkatan skala yang lebih besar dari skala laboratorium. Pengembangan teknologi produksi pengolahan limbah dari skala laboratorium ke skala industri memerlukan metode peningkatan skala (*scale up*). Peningkatan skala adalah suatu studi yang mengolah dan mentransfer data penelitian skala laboratorium ke skala yang lebih besar menyangkut design proses operasi atau dan perancangan bangunan peralatan (Arif *et al.*, 2017). Peningkatan skala penting dilakukan karena apabila hanya dilakukan dalam skala laboratorium aktivitas mikroalga tersebut masih bersifat sama.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Syarif *et al.* (2019) dengan skala laboratorium menunjukkan hasil berbeda nyata dari setiap penambahan konsentrasi

Agrobost dan menghasilkan perlakuan terbaik yaitu pada P4 dengan volume limbah cair sebanyak 1000 ml dan variasi penambahan Agrobost sebanyak 4% v/v. Persentase penurunan kadar COD= 90,84%, BOD = 92,36%, TSS = 80,15%, dan peningkatan DO selama 7 hari pengamatan = 55% serta pH = 55,34%. Hasil ini menunjukkan semakin banyak bahan pendegradasi Agrobost yang ditambahkan, maka parameter pencemar akan semakin cepat menurun sehingga perlu dilakukan penambahan konsentrasi agrobost dengan peningkatan skala (*scale up experiment*) untuk mendapatkan hasil terbaik sebelum mencapai skala industri.

2. Metode

2.1. Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Alga (*Algae Research Centre*) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Laboratorium Unit Pelaksanaan Teknis Pengujian Material Dinas Bina Marga Pekanbaru, Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Riau.

2.2. Bahan dan alat penelitian

Bahan penelitian berupa mikroalga *Chlorella* sp yang diperoleh dari koleksi pribadi Prof. Dr. Ir. Tengku Dahril, M.Sc, limbah cair sagu didatangkan dari pabrik pengolahan sagu di Kec. Tenan Kab. Kepulauan Meranti, Agrobost diperoleh dari PT. SMS Indoputra. Alat penelitian berupa jerigen limbah cair, aerator, selang, kompor, akuarium, 15 galon plastik ukuran 10 L, mikroskop, dan alat analisis lainnya.

2.3. Metode penelitian

Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non factorial. Perlakuan mengacu pada Syarif *et al.* (2019). Matriks perlakuan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

P₀ = Tanpa penambahan Agrobost.

P₁ = Penambahan Agrobost 2% v/v

P₂ = Penambahan Agrobost 4% v/v

P₃ = Penambahan Agrobost 6% v/v

P₄ = Penambahan Agrobost 8% v/v

Tabel 1.

Matriks perlakuan dalam penelitian

Bahan	Perlakuan				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Agrobost (ml)	0	136	272	408	544
<i>Chlorella</i> sp. (ml) + Limbah cair (ml)	6000	5880	5760	5640	5520
Total (ml)	6000	6000	6000	6000	6000

2.4. Pelaksanaan penelitian

2.4.1. Pengambilan sampel limbah

Pengambilan sampel limbah cair sagu mengacu pada Restuhadi *et al.* (2017). Pengambilan dilakukan pada kolam penampung terakhir dari aliran limbah pabrik sagu dengan menggunakan jerigen pada beberapa titik pengambilan sampel secara acak. Jerigen dibersihkan dengan membilas bagian dalam jerigen dengan air limbah.

2.4.2. Sterilisasi alat dan limbah cair

Sterilisasi alat dan limbah cair mengacu kepada Sayuti & Putri (2013). Kultur mikroalga mensyaratkan kondisi yang harus steril baik ruang, peralatan maupun seluruh rangkaian kerjanya agar tidak terkontaminasi dengan bakteri patogen yang dapat mengurangi pertumbuhan *Chlorella* sp. Sterilisasi dilakukan dengan penyemprotan alkohol 96% dan dikering anginkan. Limbah cair sagu disterilkan pada suhu 100°C selama 15 menit.

2.4.3. Persiapan isolat mikroalga *Chlorella* sp.

Peremajaan kultur mengacu pada Habibah (2011). Disiapkan sebanyak 5 wadah galon plastik tembus cahaya matahari yang berukuran 6 L, kemudian disterilisasi dengan menyemprotkan alkohol 70%. Pada tiap galon diberi akuades sebanyak 3500 ml dan 400 ml limbah cair sagu, dihomogenkan dengan pengadukan hingga berwarna bening atau tercampur rata, kemudian dimasukkan 100 ml mikroalga *Chlorella* sp. ke dalam tiap botol dan diberi aerasi. Galon ditempatkan di luar ruangan sehingga terkena sinar matahari tidak langsung dan diinkubasi lebih kurang 7 hari sehingga berubah warna menjadi hijau dengan kelimpahan sel $\pm 10^6$ sel/ml. Untuk mengetahui peningkatan kelimpahan sel *Chlorella* sp. yang sesuai, dilakukan perhitungan kelimpahan sel setiap harinya. Kemudian kultur stok diperoleh sebanyak 12 L.

2.4.4. Pengaplikasian Simbiosis Mutualisme pada Limbah Cair Sagu

Pengolahan limbah cair sagu mengacu pada Restuhadi *et al.* (2017). Pada hari awal diambil limbah cair sagu, dilakukan analisis COD, BOD, DO dan pH. Kemudian sampel limbah cair sagu dimasukkan ke dalam 15 wadah galon plastik tembus cahaya matahari ukuran 10 L dengan kapasitas limbah cair 6 L pada tiap-tiap wadah. Selanjutnya Agrobost ditambahkan pada setiap sampel sesuai perlakuan, serta diaduk hingga larutan tercampur homogen. Setelah larutan homogen diberi mikroalga sebanyak 800 ml, pada udara terbuka sambil diberi oksigen menggunakan aerator aquarium untuk setiap perlakuan.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Polutan limbah cair sagu

Limbah cair sagu memiliki kadar polutan yang tinggi seperti COD, BOD, dan TSS serta hasil pH yang rendah.

Hasil pengukuran karakteristik limbah cair sagu yang diamati dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

Polutan limbah cair sagu sebelum dilakukan pengolahan

No.	Parameter	Kadar Polutan*	Baku Mutu Maks**
1.	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	3327 mg/L	300 mg/L
2.	BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	1880 mg/L	150 mg/L
3.	DO (<i>Disolved Oxygen</i>)	3,45 mg/L	-
4.	pH	4,1	6 - 9

Sumber : *Data primer **PERMEN LH No.5 (2014)

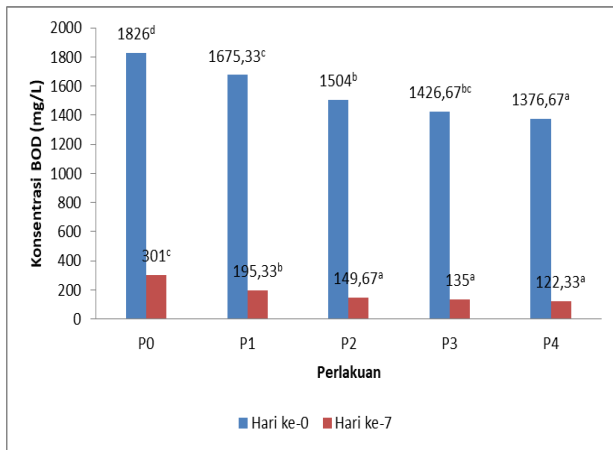
Tabel 2 memperlihatkan bahwa polutan limbah cair sagu memiliki nilai di atas standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Agar tidak mencemari lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu.

3.2. Biochemical Oxygen Demand

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengurai senyawa organik. Proses dekomposisi bahan organik yang terkandung dalam air limbah berlangsung secara terus menerus menyebabkan perubahan yang semakin baik pada nilai BOD. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa variasi penambahan Agrobost memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kandungan nilai BOD limbah cair sagu. Semakin banyak jumlah bakteri pengurai yang ditambahkan, maka kandungan nilai BOD semakin menurun.

Gambar 1 memperlihatkan penurunan nilai BOD limbah cair sagu berbeda nyata terhadap variasi penambahan bakteri pengurai Agrobost setelah dilakukan pengolahan hingga hari ke-7. Peningkatan konsentrasi Agrobost pada limbah sagu dapat menurunkan nilai BOD. Penurunan nilai BOD disebabkan bakteri dekomposer menguraikan bahan organik sehingga terbentuk CO₂. Selain itu, adanya mikroalga *Chlorella* sp. juga mampu memanfaatkan kandungan senyawa organik dan anorganik yang berasal dari limbah cair sagu untuk metabolisme *Chlorella* sp. Semakin banyaknya mikroorganisme yang terdapat pada limbah maka penurunan BOD juga akan semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga mampu membantu metabolisme bakteri yang ada pada limbah cair sagu melalui proses fotosintesis sehingga nilai BOD limbah sagu mengalami penurunan.

Semakin sedikit limbah cair sagu maka jumlah O₂ yang dibutuhkan juga semakin sedikit sehingga penurunan nilai BOD semakin besar. Oleh karena itu semakin tuturun nilai BOD menunjukkan kualitas pengolahan yang lebih baik. Penurunan nilai BOD ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Syarif *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa penambahan bakteri pengurai yang semakin banyak akan menurunkan nilai BOD hingga mencapai baku mutu maksimal yang sudah ditetapkan.



Gambar 1. Nilai BOD (mg/L) limbah sagu hari ke-0 dan 7
Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). Kadar maksimal BOD yang diperkenankan 150 mg/L.

Perbedaan penurunan nilai BOD diduga juga dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme pengurai pada Agrobost yang berperan aktif mengurai selulosa yaitu bakteri *Lactobacillus* sp. dan mikroba selulolitik. *Lactobacillus* sp. dan mikroba selulolitik saling bersinergis dalam mengurai kandungan selulosa dalam limbah cair sagu. Besarnya penurunan nilai BOD antara kedua perlakuan limbah tersebut terjadi karena adanya simbiosis antara bakteri pengurai dan mikroalga *Chlorella* sp.

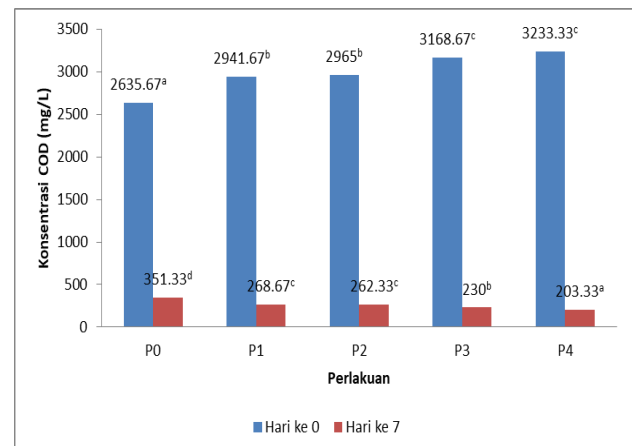
Hadiyanto & Azim (2012) menyatakan, karbondioksida yang larut dalam air yang dihasilkan oleh bakteri nantinya akan dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sebagai sumber CO₂ dalam proses fotosintesis, sehingga terjadi simbiosis antara bakteri pengurai dan mikroalga secara terus menerus dalam menurunkan kadar polutan limbah cair. Mikroalga menghasilkan oksigen, hasil dari fotosintesis, yang dimanfaatkan sebagai respirasi pada pertumbuhan bakteri pengurai. Hasil dekomposisi polutan oleh bakteri pengurai diperoleh CO₂ yang dapat digunakan untuk pertumbuhan mikroalga.

3.3. Chemical Oxygen Demand

Hasil uji lanjut memperlihatkan variasi penambahan Agrobost memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada kandungan COD limbah cair sagu. Nilai COD limbah cair sagu pada tiap perlakuan pada hari awal dan hari terakhir terlihat pada Gambar 2. Gambar 2 memperlihatkan penurunan nilai COD limbah cair sagu berbeda nyata terhadap variasi penambahan bakteri pengurai Agrobost setelah dilakukan pengolahan hingga hari ke-7. Kandungan nilai COD limbah cair sagu menurun dengan semakin banyaknya konsentrasi Agrobost yang ditambahkan pada tiap perlakuan. Penurunan nilai COD ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Syarif *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa semakin banyak penambahan bakteri pengurai maka nilai COD akan semakin menurun hingga mencapai baku mutu maksimal yang sudah ditetapkan. Perlakuan P₁, P₂, P₃, dan P₄ merupakan perlakuan yang memenuhi baku mutu limbah cair kegiatan industri.

Kandungan organik yang tinggi pada limbah digunakan oleh *Chlorella* sp. sebagai nutrient dalam proses metabolisme. Mikroalga *Chlorella* sp. menyerap kandungan senyawa organik sebagai bahan baku untuk proses fotosintesis. Proses fotosintesis akan menghasilkan oksigen yang dimanfaatkan oleh bakteri dekomposer dalam pengolahan limbah. Oksigen digunakan oleh bakteri pengurai untuk menurunkan nilai COD dan BOD (Hadiyanto *et al.*, 2012). Oksigen dihasilkan dari proses fotosintesis yang terjadi pada *Chlorella* sp. dikarenakan *Chlorella* sp. mempunyai pigmen klorofil yang terdapat pada kloroplast. Kegiatan fotosintesis menambah suplai oksigen pada limbah cair sehingga penurunan COD menjadi lebih cepat.

Kandungan mikroba selulolitik dan *Lactobacillus* sp. yang terdapat dalam Agrobost sangat berperan aktif dalam mengurai selulosa yang terdapat pada limbah cair sagu. Selain itu, senyawa IAA (*indole acetic acid*) yang dihasilkan oleh *Azospirillum* mampu menstimulasi perkembangan mikroalga *Chlorella* sp. berupa peningkatan kelimpahan sel mikroalga, sehingga proses penguraian polutan limbah cair sagu berlangsung lebih cepat. Perlakuan yang telah memenuhi baku mutu maksimal limbah cair kegiatan industri adalah perlakuan P₁, P₂, P₃, dan P₄.



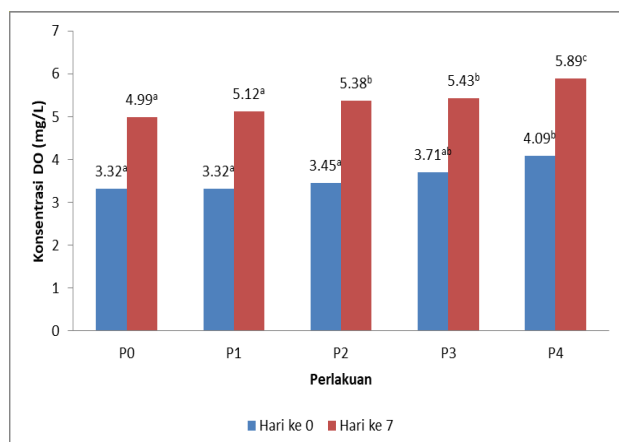
Gambar 2. Nilai COD (mg/L) limbah sagu hari ke-0 dan 7
Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). Kadar maksimal COD yang diperkenankan 300 mg/L

3.4. Dissolved Oxygen

Hasil uji lanjut diperoleh penambahan agrobost memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kandungan nilai *dissolved oxygen* (DO) limbah cair sagu. Nilai DO limbah cair sagu setiap perlakuan pada hari awal dan hari akhir, terlihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat peningkatan nilai DO limbah cair sagu berbeda nyata terhadap variasi penambahan bakteri pengurai Agrobost setelah dilakukan pengolahan hingga hari ke-7. Penambahan bakteri pengurai Agrobost yang semakin banyak mengakibatkan peningkatan nilai DO dari hari ke-0. Besarnya kandungan DO meningkat seiring dengan semakin banyak bahan pendegradasi Agrobost yang ditambahkan.

Kandungan oksigen terlarut dipengaruhi oleh hasil dari proses fotosintesis mikroalga *Chlorella* sp. yang

menghasilkan oksigen. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob guna pengoksidasian bahan-bahan organik dan anorganik. Semakin banyak kandungan oksigen terlarut, menandakan kualitas air semakin baik.

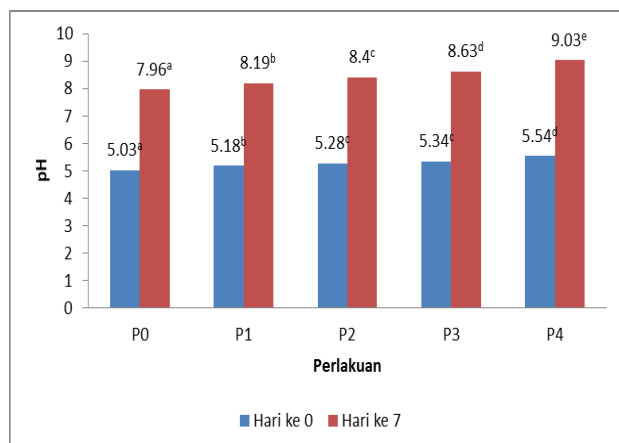


Gambar 3. Nilai DO (mg/L) limbah sagu hari ke-0 dan hari ke-7

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

3.5. Derajat keasaman

Hasil uji lanjut memperlihatkan penambahan Agrobost memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada nilai pH limbah cair sagu. Nilai pH limbah cair sagu setiap perlakuan setelah dilakukan pengolahan pada hari awal dan hari akhir, terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai pH limbah sagu pada hari ke-0 dan hari ke-7

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). Kadar pH yang dipekanankan sekitar 6-9.

Peningkatan nilai pH limbah cair sagu disebabkan oleh penambahan bakteri pengurai Agrobost. Menurut Hadiyanto & Azim (2012), mikroorganisme beradaptasi pada kisaran pH 6,5-8,3 saat merombak polutan. Mikroorganisme bekerja pada pH netral sekitar 6-8 karena kondisi asam yang kuat atau alkali mengurangi kinerja mikroorganisme merombak polutan. Hasil dari penguraian polutan akan menghasilkan karbondioksida. Semakin banyak penambahan bakteri pengurai Agrobost maka menghasilkan karbondioksida yang banyak.

Karbondioksida dimanfaatkan oleh mikroalga *Chlorella* sp. sehingga tidak terjadi pembentukan asam karbonat yang dapat menurunkan nilai pH limbah cair sagu.

Tingkat keasaman yang cenderung netral dari hari ke-0 hingga hari ke-7 disebabkan proses penguraian bahan organik yang terkandung dalam limbah oleh bakteri *Azospirium* sp., *Azotobacter* sp., mikroba pelarut P, dan mikroba selulolitik yang menghasilkan gas karbondioksida, air dan amoniak, yang akan meningkatkan nilai pH. Dari hasil fotosintesis mikroalga diperoleh O_2 yang digunakan bakteri dekomposer pada proses respirasi, sedangkan hasil oksidasi senyawa organik berupa CO_2 dan bahan organik oleh bakteri pengurai berperan dalam proses fotosintesis mikroalga. Fotosintesis yang terus menerus menyebabkan penurunan kandungan CO_2 pada limbah cair sehingga menyebabkan kenaikan pada nilai pH.

3.6. Perlakuan variasi terpilih agrobost

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, diperoleh hasil penelitian yang memenuhi baku mutu. Parameter pengamatan COD, BOD, DO, dan pH yang telah memenuhi standar oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 terlihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 diperoleh tiga perlakuan yang memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu perlakuan P₂, P₃, dan P₄. Perlakuan terpilih pada perlakuan P₄ dengan penambahan 8% v/v Agrobost. Hal ini dikarenakan penurunan polutan paling tinggi terdapat pada perlakuan P₄. Standar baku mutu untuk kandungan COD limbah cair memiliki nilai maksimum 300 mg/L. Nilai COD terendah terdapat pada perlakuan P₄ dengan nilai 203,33 mg/L yang merupakan perlakuan terpilih. Standar baku mutu yang ditetapkan untuk kandungan BOD limbah cair memiliki nilai maksimum 150 mg/L. Nilai BOD terendah terdapat pada perlakuan P₄ dengan nilai 122,33 mg/L yang merupakan perlakuan terpilih. Standar baku mutu kandungan pH limbah cair memiliki nilai 6-9. Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan P₄ dengan nilai 9,03 yang merupakan perlakuan terpilih. Kandungan DO tidak ada standar yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup, namun kandungan DO paling tinggi terdapat pada perlakuan P₄. Hal inilah yang juga mendasari pemilihan perlakuan P₄ sebagai perlakuan terpilih.

Tabel 3.

Rekapitulasi hasil penelitian

Parameter	Perlakuan				
	P0	P1	P2	P3	P4
BOD (mg/L)	301,0 ^c	195,3 ^b	149,6 ^a	135,0 ^a	122,3^a
COD (mg/L)	351,3 ^d	268,6 ^c	262,3 ^c	230,0 ^c	203,3^b
DO (mg/L)	4,99 ^a	5,12 ^{ab}	5,38 ^b	5,38 ^b	5,89^c
pH	7,96 ^a	8,19 ^b	8,40 ^c	8,63 ^d	9,03^e

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada baris yang sama, menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

4. Kesimpulan

Teknologi simbiosis mutualisme antara mikroalga dan bakteri dekomposer, dapat diterapkan pada pengolahan air limbah secara biologis. Perlakuan terpilih penelitian pada hari ke-7 yaitu perlakuan P₄ (penambahan Agrobost 8% v/v) menghasilkan penurunan kadar polutan BOD sebesar 122,33 mg/L, COD sebesar 203,33 mg/L, peningkatan DO sebesar 5,89 mg/L dan peningkatan pH sebesar 9,03. Semua parameter dari perlakuan terpilih telah memenuhi standar limbah cair Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Ucapan terima kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Riau, yang telah memberikan bantuan dana dalam penelitian, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan semestinya

Daftar pustaka

- Arif, A. Bin, Diyono, W., Hayuningtyas, M., Syaefullah, E., Budiyanto, A., & Richana, N. 2017. Penggunaan skala produksi bioetanol dari tongkol jagung. *Informatika Pertanian*, 26, 57. <https://doi.org/10.21082/ip.v26n2.2017.p57-66>
- Habibah, E. Z. 2011. Potensi pemanfaatan alga *Chlorella pyrenoidosa* dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. In *Universitas Riau - Pasca Sarjana – Ilmu Lingkungan*. <https://doi.org/10.31258/dli.4.1.p.8-17>
- Hadiyanto, & Azim, M. 2012. Mikroalga sumber pangan dan energi masa depan. Universitas Diponegoro Press.
- Hadiyanto, H., Azimatun Nur, M. M., & Hartanto, G. D. 2012. Cultivation of *Chlorella* sp. As biofuel sources

- in palm oil mill effluent (POME). *International Journal of Renewable Energy Development*, 1(2), 45–49. <https://doi.org/10.14710/ijred.1.2.45-49>
- Haryanto, B., & Siswari, E. 2004. Pengaruh usaha pengolahan sagu skala kecil terhadap baku mutu air anak sungai. *Teknik Lingkungan*, 5(3), 221–225.
- Kementerian Pertanian RI. 2019. *Luas areal sagu menurut provinsi di Indonesia, 2016 - 2020 Sagu* (Vol. 2020).
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan menteri lingkungan hidup RI no. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. In *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan* (pp. 1–83).
- Pasaribu, J., Restuhadi, F., & Zalfiatri, Y. 2018. Simbiosis mutualisme mikroalga *Chlorella* sp dengan bakteri pengurai B-DEC03 dalam menurunkan kadar polutan limbah cair sagu *Chlorella* Sp. *JOM Faperta*, 5(1), 1–13.
- Restuhadi, F., Zalfiatri, Y., & Pringgondani, D. 2017. Pemanfaatan simbiosis mikroalga *Chlorella* sp. dan Starbact® untuk menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(2), 140–153.
- Retnowati, Y., D., W., & Putri, S. H. E. 2002. Potensi penghasilan hormon IAA oleh mikroba endofit akar tanaman jagung (*Zea mays*). *Universitas Negeri Gorontalo*.
- Sayuti, I., & Putri, H. T. 2013. Potential utilization of algae *Chlorella pyrenoidosa* for rubber waste management. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 511–520.
- Simatupang, D, F. Restuhadi, T. D. 2017. Pemanfaatan simbiosis mikroalga *Chlorella* sp. dan EM4 untuk menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. *JOM Faperta*, 04(01), 1–13.
- Syarif, F. B., Restuhadi, F., & Zalfiatri, Y. 2019. Pemanfaatan simbiosis mikroalga *Chlorella* sp. dan Agrobost untuk menurunkan kadar polutan limbah cair sagu. *Sagu*, 18(1), 9–16.