

**EFEKTIVITAS MEDIA BIOCHAR BONGGOL JAGUNG  
DALAM REAKTOR MBBR UNTUK PENGOLAHAN  
LIMBAH INDUSTRI KECAP**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Program Studi Teknik Lingkungan.



Diajukan Oleh:

**PRATAMA RESTU AJI**

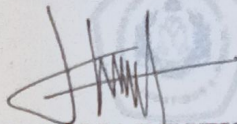
**NPM 21034010043**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
SURABAYA  
2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**EFEKTIVITAS MEDIA BIOCHAR BONGGOL JAGUNG  
DALAM REAKTOR MBBR UNTUK PENGOLAHAN  
LIMBAH INDUSTRI KECAP**

**Disusun Oleh:**



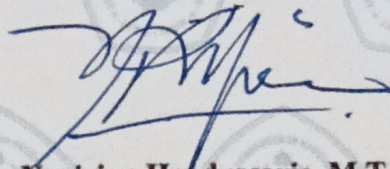
**PRATAMA RESTU AJI**

**NPM 21034010043**

**Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing**

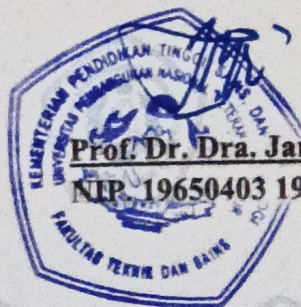


**Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T.**

**NIP. 19681126 199403 2 001**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



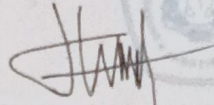
**Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.**

**NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EFEKTIVITAS MEDIA BIOCHAR BONGGOL JAGUNG  
DALAM REAKTOR MBBR UNTUK PENGOLAHAN  
LIMBAH INDUSTRI KECAP**

Disusun Oleh:



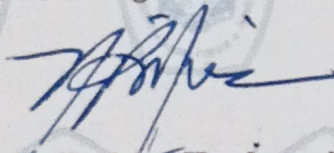
**PRATAMA RESTU AJI**

**NPM 21034010043**

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal  
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

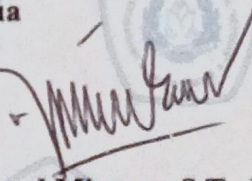
Dosen Pembimbing



**Prof. Dr. Ir. Noyirina Hendrasarie, M.T.**  
**NIP. 19681126 199403 2 001**

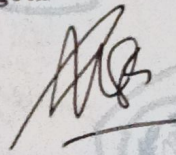
**TIM PENGUJI**

**1. Ketua**



**Mohamad Mirwan, S.T., M.T.**  
**NIP. 19760212 202121 1 004**

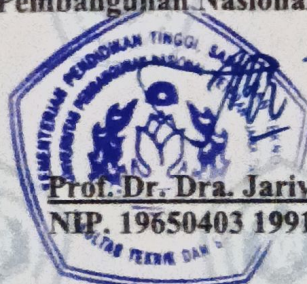
**2. Anggota**



**Aussie Amalia, S.T., M.Sc.**  
**NIP. 172 1992 1124 059**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

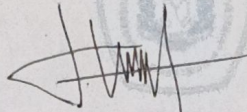


**Prof. Dr. Dra. Jarayah, M.P.**  
**NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR REVISI**

**EFEKTIVITAS MEDIA BIOCHAR BONGGOL JAGUNG  
DALAM REAKTOR MBBR UNTUK PENGOLAHAN  
LIMBAH INDUSTRI KECAP**

**Disusun Oleh:**



**PRATAMA RESTU AJI**

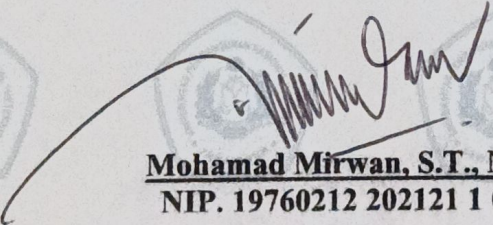
**NPM 21034010043**

**Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 20 Februari 2026**

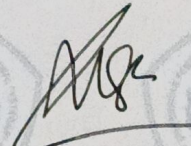
**TIM PENILAI**

**KETUA**

**ANGGOTA**



**Mohamad Mirwan, S.T., M.T.**  
**NIP. 19760212 202121 1 004**



**Aussie Amalia, S.T., M.Sc**  
**NIP. 172 1992 1124 059**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| Nama          | Pratama Restu Aji |
| NPM           | 21034010043       |
| Program       | Sarjana(S1)       |
| Program Studi | Teknik Lingkungan |
| Fakultas      | Teknik Dan Sains  |

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi\* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 20 Febuan 2025

Ya  ataan

Pratama Restu Aji  
NPM 21034010043

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Efektivitas Media Biochar Bonggol Jagung Dalam Reaktor MBBR Untuk Pengolahan Limbah Industri Kecap” ini dengan baik. Dalam penyusunan laporan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur;
3. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT, selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membantu dan mengarahkan dalam setiap proses pengerjaan skripsi ini
4. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu di dalam kelas maupun saat diskusi
5. Kedua Orang Tua penulis Paimin dan Sumiyati yang selalu memberikan do’a, dorongan dan dukungan moral, serta dukungan materi yang tidak terhingga selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-teman baik penulis Era Dinisiadela Dhalia yang memberikan warna dan kebahagiaan selama masa perkuliahan.
7. Serta pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuannya secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga segala kebaikan serta bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak mendapatkan limpahan rahmat dan keberkahan dari Allah SWT. Akhirnya, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan terdapat berbagai kekurangan, baik dari segi penulisan maupun isi pembahasan, yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Untuk itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam karya ini. Besar harapan

penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi bahan rujukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik.

Surabaya, 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                       |             |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                            | <b>ii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                             | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                             | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                  | <b>x</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                 | <b>xi</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                        | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                           | 2           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                           | 3           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                          | 3           |
| 1.5 Lingkup Penelitian .....                          | 3           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                    | <b>4</b>    |
| 2.1 Tinjauan Umum .....                               | 4           |
| 2.1.1 Industri Kecap .....                            | 4           |
| 2.1.2 Karakteristik Limbah Kecap .....                | 4           |
| 2.1.3 Parameter Limbah Kecap .....                    | 5           |
| 2.2 Landasan Teori.....                               | 7           |
| 2.2.1 MBBR ( <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> )..... | 7           |
| 2.2.3 Proses Anoksik.....                             | 8           |
| 2.2.3 Proses Oksik.....                               | 9           |
| 2.2.4 Media Biochar .....                             | 10          |
| 2.3 Penelitian Terdahulu .....                        | 12          |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>              | <b>16</b>   |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1 Kerangka Penelitian .....                                                    | 16        |
| 3.2 Bahan dan Alat .....                                                         | 17        |
| 3.2.1 Bahan .....                                                                | 17        |
| 3.2.2 Alat .....                                                                 | 17        |
| 3.3 Cara Kerja .....                                                             | 18        |
| 3.4 Variabel Penelitian .....                                                    | 22        |
| 3.5 Analisis .....                                                               | 23        |
| 3.6 Matrik Penelitian .....                                                      | 24        |
| 3.7 Jadwal Penelitian .....                                                      | 27        |
| 3.8 Rencana Anggaran Biaya .....                                                 | 27        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                          | <b>29</b> |
| 4.1 Perbandingan Kinerja Media Kaldnes K3 dan Media Biochar .....                | 29        |
| 4.1.1 Media Kaldness K3 .....                                                    | 34        |
| 4.1.2 Media Biochar .....                                                        | 38        |
| 4.1.3 Analisis Statistik Perbandingan Kinerja Media .....                        | 43        |
| 4.2 Pengaruh Volume Media terhadap Kinerja Reaktor MBBR .....                    | 59        |
| 4.4.1 Penyisihan COD .....                                                       | 59        |
| 4.4.2 Penyisihan BOD .....                                                       | 62        |
| 4.4.3 Penyisihan TSS .....                                                       | 65        |
| 4.4.4 Penyisihan TDS .....                                                       | 67        |
| 4.4.5 Penyisihan Total N .....                                                   | 69        |
| 4.3 Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> terhadap Kinerja Reaktor MBBR ..... | 72        |
| 4.3.1 Penyisihan COD .....                                                       | 72        |
| 4.3.2 Penyisihan BOD .....                                                       | 75        |
| 4.3.3 Penyisihan TSS .....                                                       | 76        |

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| 4.3.4 Penyisihan TDS.....               | 78        |
| 4.3.5 Penyisihan Total N.....           | 80        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>83</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                    | 83        |
| 5.2 Saran.....                          | 84        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>              | <b>85</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                   | <b>91</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai.....            | 4  |
| <b>Tabel 2.2</b> Penelitian Terdahulu.....                                        | 12 |
| <b>Tabel 3.1</b> Keterangan Gambar Reaktor .....                                  | 18 |
| <b>Tabel 3.2</b> Langkah Kerja Pembuatan Media Biochar Bonggol Jagung .....       | 20 |
| <b>Tabel 3.3</b> Tahapan Running Penelitian MBBR.....                             | 22 |
| <b>Tabel 3.4</b> Metode Uji Limbah .....                                          | 24 |
| <b>Tabel 3.5</b> Hasil Uji Laboratorium Limbah Kecap.....                         | 24 |
| <b>Tabel 3.6</b> Matrik Penelitian .....                                          | 25 |
| <b>Tabel 3.7</b> Jadwal Penelitian.....                                           | 27 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Laboratorium Limbah Kecap.....                         | 30 |
| <b>Tabel 4.2</b> Persen Penurunan COD Aklimatisasi Media Kaldnes K3 .....         | 32 |
| <b>Tabel 4.3</b> Persen Penurunan COD Aklimatisasi Media Biochar.....             | 33 |
| <b>Tabel 4.4</b> Efektivitas Media Kaldnes K3 Terhadap Parameter Penelitian ..... | 35 |
| <b>Tabel 4.5</b> Efektivitas Media Biochar Terhadap Parameter Penelitian .....    | 39 |
| <b>Tabel A- 1</b> Hasil Analisis Awal Limbah Kecap.....                           | 91 |
| <b>Tabel A- 2</b> Hasil Analisis Aklimatisasi Media Kaldnes K3.....               | 91 |
| <b>Tabel A- 3</b> Hasil Analisis Aklimatisasi Media Biochar .....                 | 91 |
| <b>Tabel A- 4</b> Hasil Analisis COD MBBR .....                                   | 92 |
| <b>Tabel A- 5</b> Hasil Analisis BOD MBBR .....                                   | 92 |
| <b>Tabel A- 6</b> Hasil Analisis TSS MBBR.....                                    | 93 |
| <b>Tabel A- 7</b> Hasil Analisis TDS MBBR.....                                    | 93 |
| <b>Tabel A- 8</b> Hasil Analisis Total Nitrogen MBBR.....                         | 94 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Struktur Biochar.....                                                                                  | 11 |
| <b>Gambar 3.1</b> Reaktor MBBR Anoksik dan Oksik .....                                                                   | 18 |
| <b>Gambar 3.2</b> Layout Penelitian .....                                                                                | 19 |
| <b>Gambar 4.1</b> Grafik Persentase Removal COD Aklimatisasi Media Kaldness K3 .....                                     | 32 |
| <b>Gambar 4.2</b> Grafik Persentase Removal COD Aklimatisasi Media Biochar .....                                         | 33 |
| <b>Gambar 4. 3</b> ANOVA Hubungan Volume Media dan HRT terhadap COD : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar .....                   | 43 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Regresi Linear Berganda Hubungan Volume Media dan HRT terhadap COD : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar.....  | 45 |
| <b>Gambar 4. 5</b> ANOVA Hubungan Volume Media dan HRT terhadap BOD : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar .....                   | 47 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Regresi Linear Berganda Hubungan Volume Media dan HRT terhadap BOD : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar.....  | 48 |
| <b>Gambar 4. 7</b> ANOVA Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TSS : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar .....                   | 50 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Regresi Linear Berganda Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TSS : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar ..... | 51 |
| <b>Gambar 4. 9</b> ANOVA Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TDS : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar .....                   | 53 |
| <b>Gambar 4. 10</b> Regresi Linear Berganda Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TDS : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar..... | 55 |
| <b>Gambar 4. 11</b> ANOVA Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TN : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar .....                   | 56 |
| <b>Gambar 4. 12</b> Regresi Linear Berganda Hubungan Volume Media dan HRT terhadap TN : (a) Kaldnes K3 (b) Biochar.....  | 58 |
| <b>Gambar 4. 13</b> Grafik Penyisihan COD: (a) media 20% dan (b) media 30%.....                                          | 60 |
| <b>Gambar 4. 14</b> Grafik Penyisihan BOD: (a) media 20% dan (b) media 30%.....                                          | 63 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Grafik Penyisihan TSS : (a) media 20% dan (b) media 30% .....                                        | 65 |

|                     |                                                               |    |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 16</b> | Grafik Penyisihan TSS : (a) media 20% dan (b) media 30% ..... | 68 |
| <b>Gambar 4. 17</b> | Grafik Penyisihan TN : (a) media 20% dan (b) media 30%.....   | 70 |
| <b>Gambar 4. 18</b> | Grafik Persen Removal COD .....                               | 73 |
| <b>Gambar 4. 19</b> | Grafik Persen Removal BOD .....                               | 75 |
| <b>Gambar 4. 20</b> | Grafik Persen Removal TSS.....                                | 77 |
| <b>Gambar 4. 21</b> | Grafik Persen Removal TDS .....                               | 79 |
| <b>Gambar 4. 22</b> | Grafik Persen Removal Total N .....                           | 81 |

## ABSTRAK

Industri kecap menghasilkan limbah cair dengan kandungan senyawa organik yang tinggi sehingga berpotensi meningkatkan nilai Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) serta mencemari lingkungan perairan apabila tidak diolah dengan baik. Salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang banyak digunakan adalah *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan media konvensional Kaldnes. Namun, media tersebut berbahan sintesis dan kurang ramah lingkungan sehingga diperlukan alternatif media yang lebih berkelanjutan. Biochar bonggol jagung merupakan produk hasil pirolisis limbah pertanian dengan porositas dan luas permukaan yang tinggi mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme serta memiliki sifat adsorptif terhadap senyawa organik. Penelitian dilakukan menggunakan sistem MBBR anoksik–oksik dengan perbandingan media Kaldnes K3 dan biochar bonggol jagung, variasi HRT 8, 12, dan 24 jam, serta volume media 20% (1 L) dan 30% (1,5 L). Parameter yang dianalisis meliputi COD, BOD, TSS, TDS, dan Total Nitrogen (TN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa media biochar bonggol jagung memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan media Kaldnes K3. Pada kondisi terbaik menggunakan media biochar dengan volume media 1,5 L dan HRT 24 jam, konsentrasi COD dan BOD masing-masing dapat diturunkan hingga 146,67 mg/L dan 115,87 mg/L, lebih rendah dibandingkan media Kaldnes K3 pada kondisi serupa dengan nilai COD 293,33 mg/L dan BOD 231,73 mg/L. Selain itu, media biochar juga menunjukkan kinerja penyisihan TN yang lebih tinggi dengan nilai terendah sebesar 11,2 mg/L, serta stabilitas TSS dan TDS yang lebih baik. Secara keseluruhan, biochar bonggol jagung berpotensi menjadi media alternatif MBBR yang efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair industri kecap.

**Kata kunci :** limbah industri kecap, MBBR, biochar bonggol jagung, volume media, HRT

## **ABSTRACT**

*The soy sauce industry generates wastewater with a high concentration of organic compounds, which can significantly increase Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) levels and potentially pollute aquatic environments if not properly treated. One of the commonly applied wastewater treatment technologies is the Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) using conventional Kaldnes media. However, this synthetic-based media is considered less environmentally friendly, thus requiring a more sustainable alternative. Corn cob biochar, produced through the pyrolysis of agricultural waste, possesses high porosity and large surface area, enabling it to support microbial growth and exhibit adsorptive properties toward organic compounds. The study was conducted using an anoxic–oxic MBBR system with a comparison between Kaldnes K3 media and corn cob biochar, HRT variations of 8, 12, and 24 hours, and media filling ratios of 20% (1 L) and 30% (1.5 L). The parameters analyzed included COD, BOD, Total Suspended Solids (TSS), Total Dissolved Solids (TDS), and Total Nitrogen (TN). The results showed that corn cob biochar media exhibited superior performance compared to Kaldnes K3 media. Under optimal conditions using biochar media with a volume of 1.5 L and an HRT of 24 hours, COD and BOD concentrations were reduced to 146.67 mg/L and 115.87 mg/L, respectively, which were significantly lower than those achieved using Kaldnes K3 media under similar conditions, with COD and BOD values of 293.33 mg/L and 231.73 mg/L. Furthermore, biochar media demonstrated higher TN removal efficiency, achieving a minimum concentration of 11.2 mg/L, as well as better stability in TSS and TDS removal. Overall, corn cob biochar shows strong potential as an effective, sustainable, and environmentally friendly alternative MBBR media for the treatment of soy sauce industrial wastewater..*

**Keywords:** soy sauce industrial wastewater, MBBR, corn cob biochar, media filling ratio, Hydraulic Retention Time