

ANALISIS KOMBINASI α - AMILASE DAN LIMBAH TAPIOKA SEBAGAI COD REMOVAL PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Nurul Ajeng Susilo^{1*}, Fany Wahyu Prasetiawan²

^{1,2}Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

^{1*}E-mail : nurulajeng20@gmail.com

ABSTRAK

IPAL industri kertas menghasilkan limbah cair yang memiliki kualitas belum memenuhi standart baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Sebagian besar IPAL industri kertas menggunakan proses biologi dalam pengolahan air limbahnya dimana mikroorganisme dan bionutrien berperan penting dalam hal pengolahan air limbah industri pulp dan kertas. Tujuan penelitian ini adalah menggantikan bionutrien yang kurang efektif dengan *Starch* sebagai nutrisi untuk mikroorganisme. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan variasi enzim dan *Starch* yaitu 0 ppm *Starch* + 5 ppm bionutrien; 0 ppm enzim + 5 ppm *Starch*; 2,5 ppm enzim + 5 ppm *Starch*; 2,5 enzim + 2,5 ppm *Starch*. Parameter uji pada penelitian ini sesuai dengan standart yaitu parameter COD, TSS, SVI, pH, dan *Turbidity*. Kemudian hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil uji efektivitas COD dan TSS paling optimum yaitu pada variasi dosis 2,5 ppm Enzim + 2,5 ppm *Starch*. Nilai effluent COD memiliki penurunan signifikan yaitu sebesar 95 – 97% sedangkan hasil efektivitas TSS optimum yaitu sebesar 77.93% dengan proses aerasi pada penelitian ini menggunakan *miniplant* dan dilakukan selama 96 jam. Hal ini dikarenakan enzim pada penelitian ini berperan sebagai biokatalis atau yang dapat mempercepat kinerja dari *Starch*. Penggunaan *Starch* dalam mereduksi COD sebenarnya sudah baik dibandingkan dengan bionutrien akan tetapi untuk mengoptimalkan kinerja *Starch* maka ditambahkan enzim.

Kata Kunci : Air Limbah, Mikroorganisme, *Starch*, Enzim dan COD.

ABSTRACT

The paper industry WWTP produces liquid waste whose quality does not meet the quality standards of East Java Governor Regulation No 72 of 2013. Most of the paper industry WWTP uses biological processes in its wastewater treatment where microorganisms and bionutrients play an important role in the pulp and paper industry wastewater treatment. The aim of this research is to replace less effective bionutrients with Starch as a nutrient for microorganisms. The method used in this study was by varying enzymes and Starch, namely 0 ppm Starch + 5 ppm bionutrients; 0 ppm enzymes + 5 ppm Starch; 2.5 ppm enzyme + 5 ppm Starch; 2.5 enzymes + 2.5 ppm Starch. The test parameters in this study were in accordance with the standards, namely the COD, TSS, SVI, pH, and Turbidity parameters. Then the results of the study showed that the most optimum COD and TSS effectiveness test results were at a variation of doses of 2.5 ppm Enzyme + 2.5 ppm Starch. The effluent COD value has a significant decrease of 95 – 97% while the results of optimum TSS effectiveness are 77.93% with the aeration process in this study using a miniplant and carried out for 96 hours. This is because the enzymes in this study act as biocatalysts or those that can accelerate the performance of Starch. The use of Starch in reducing COD is actually already good compared to bionutrients, but to optimize Starch performance, enzymes are added.

Keywords: Wastewater, Microorganisms, *Starch*, Enzymes and COD

PENDAHULUAN

Industri kertas dapat berdampak besar pada kualitas sumber daya alam. Dalam proses produksi, air merupakan bahan yang penting karena setiap tahapan dan proses produksi kertas menggunakan air, jumlah air yang digunakan untuk produksi yang besar juga berdampak pada limbah cair yang keluar dari produk. Selain tujuan akhir untuk menciptakan suatu produk, proses pembuatan industri kertas juga menghasilkan limbah dari sisa proses pembuatannya (Pokhrel & Viraraghavan, 2004).

Pada industri kertas pengolahan limbah menggunakan proses secara biologi yaitu dengan bantuan mikroorganisme untuk menguraikan partikel atau senyawa organik yang terkandung dalam air limbah. Pada saat ini, kolam aerasi pada pabrik kertas

Jawa Timur timbul banyak *foaming* pada seluruh permukaan kolam aerasinya sehingga mengganggu pada proses selanjutnya. Kinerja mikroorganisme menjadi kurang maksimal sehingga nilai COD menjadi tidak menurun secara drastis dan juga diperlukan *treatment* tambahan.

Secara umum, pengolahan air limbah terdiri dari tiga proses, yaitu proses fisika, kimia, dan Biologi. Proses Biologi merupakan proses menghilangkan dan menghancurkan zat-zat yang terkontaminasi yang terkandung dalam air limbah dengan menggunakan bantuan dari mikroorganisme. Tujuan utama dari proses pengolahan secara biologi ini adalah mengurangi atau menghilangkan kandungan bahan organik yang dapat menyebabkan pencemaran air. Pengolahan secara biologi juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah.

Bakteri aerobik untuk menghilangkan atau mendegradasi beban pada limbah organik maupun anorganik metode ini disebut juga dengan metode *activated sludge*. Oleh karena itu, kunci keberhasilan pengolahan limbah secara biologi yaitu dengan bantuan kemampuan bakteri untuk membentuk flok untuk memisahkan partikel dan air limbah. Pertumbuhan bakteri harus selalu dijaga kondisinya dengan memberikan asupan makanan yang teratur yaitu bionutrien. Pada saat ini di industri masih menggunakan bionutrien saja dan kurang cukup untuk memenuhi nutrisi bakteri pada kolam aerasi. (Hafni, 2012)

Berdasarkan penelitian Kirdponpattara 2023, alga tumbuh di zona atas melalui fotosintesis dan mengkonsumsi nutrisi dalam air limbah, kemudian menghasilkan O₂ yang mengarah pada penguraian bahan organik selanjutnya oleh bakteri aerob. (Mahapatra et al., 2022). Proses metabolisme bakteri dipengaruhi oleh sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling bergantung satu sama lain untuk mendukung pertumbuhan bakteri. Selama tersedia sumber nutrisi dan oksigen yang cukup, bakteri akan tumbuh dengan normal dan menghasilkan energi yang cukup untuk mengurai senyawa atau polutan dalam air limbah. Vilvert et al., (2020), menyarankan bahwa mikroorganisme tumbuh dengan baik pada kondisi air limbah pada pH sedikit basa sementara untuk algae tumbuh pada pH asam. Dalam proses pengolahan limbah secara biologis, pH memiliki pengaruh besar terhadap aktivitas mikroba. Jika pH terlalu asam maka aktivitas mikroba akan kurang optimal, dan jika aktivitas mikroba tidak optimal maka nilai COD air limbah akan meningkat.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah

Limbah adalah sampah yang dihasilkan selama proses manufaktur, baik industri maupun domestik. Sampah adalah sesuatu yang ada pada waktu dan tempat tertentu tetapi tidak dikehendaki oleh lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis (N Nadjmi, 2020). Limbah adalah hasil sampingan dari suatu usaha atau kegiatan. Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan

hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup (PP No. 18 tahun 1999).

Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk proses reaksi kimia dengan satuan *part per million* (ppm) (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga bahan organik akan teroksidasi (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991). Maka, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit terurai yang terkandung pada air limbah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel limbah industri pada *primary clarifier* dan kolam aerasi masing-masing sebanyak 30 L. Percobaan dilakukan 4 variasi dengan beda dosis untuk injeksi pada *miniplant*. Sampel limbah tersebut dimasukkan ke dalam *miniplant* sesuai wadah yang disediakan. Setelah itu, selang dipasangkan ke pompa aerator dan pompa injeksi diatur sesuai dengan dosis yang digunakan dan untuk waktu penelitian ini berlangsung 4 hari. Sampel aerasi pada *miniplant* diuji parameter seperti pH, MLSS, SVI, DO, COD, dan mikroskop per hari dalam waktu 4 hari dan untuk *effluentnya* diperoleh mulai hari ke-2 dan diuji parameter seperti pH, TSS, COD, dan *Turbidity*. Bahan kimia yang digunakan adalah bionutrien, limbah starch dan enzim amilase. Peralatan yang digunakan meliputi alat *miniplant*, gelas ukur, bak penampungan, timbangan digital, pompa injeksi, pipet, aerator, oven, thermometer, mikroskop, DO meter, pH meter, *turbidity* meter, *reactor* COD, kertas saring, bola hisap, *vacuum filtration system*, dan vial.

Persiapan alat dan bahan meliputi persiapan bahan baku sampel dan bahan kimia. Pada persiapan bahan baku sampel pada *primary clarifier* dilakukan pengujian awal meliputi pH, DO (*Dissolve Oxygen*), TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), Suhu, dan *Turbidity* dan persiapan larutan *chemical* sesuai variasi yaitu limbah *starch*, bionutrien, dan enzim. Selanjutnya melakukan injeksi *chemical* pada *miniplant* sesuai variasi. Pada penelitian ini terdapat 4 variasi meliputi variasi 1: Dosis bionutrien 5 ppm, variasi 2: Dosis *Starch* 5 ppm, variasi 3: Dosis Enzim 2,5 ppm + 5 ppm *Starch*,

Variasi 4: Dosis Enzim 2,5 ppm + 2,5 ppm *Starch*. Percobaan ini dilakukan selama 4 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah

Adapun pada pengujian awal terdapat karakteristik limbah dari unit produksi kertas.

Tabel 1. Primary Clarifier

Primary Clarifier					
pH	DO	TSS	COD	Suhu	Turbidity
7.07	1.64	223	1173	32°C	127

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Berdasarkan data pada **Tabel 1** di atas terlihat bahwa limbah industri kertas memiliki kandungan polutan yang cukup tinggi seperti *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Turbidity*. Maka dari itu peneliti melakukan analisis awal terhadap kolam aerasi yang diamati selama 4 hari dengan parameter pengamatan yaitu pH, MLSS, COD, SVI dan DO.

Tabel 2. Data Aerasi

Hari-ke	Aerasi				
	pH	MLSS	SVI	DO	COD
0	7.3	3207	249	0.61	164
1	7.6	1339	150	2.45	43
2	7.8	1511	99	1	74
3	7.3	3810	41	1.2	346
4	7.2	3104	144	1.09	562

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa pada sampel kolam aerasi mengalami penurunan yang signifikan untuk nilai MLSS yaitu pada hari ke 2 dimana terjadi penurunan sebesar 52% yaitu dari 3207 mg/L menjadi 1511 mg/L. Hal tersebut terjadi juga pada nilai COD yang mengalami penurunan secara signifikan dari 164 mg/L menjadi 74 mg/L. Penurunan tersebut, menandakan bahwa proses aerasi terjadi secara efektif dalam mengolah polutan. Akan tetapi, pada hari ke 3 dan 4 nilai MLSS dan COD mengalami kenaikan yang disebabkan oleh mikroorganisme dalam kolam aerasi sudah tidak mampu lagi untuk mendegradasi polutan polutan pada air limbah.

Selain data pada kolam aerasi peneliti juga melakukan pengujian terhadap data effluent pada IPAL di Industri kertas yang mana data effluent tersebut terlampir pada **Tabel 3** di bawah ini.

Tabel 3. Data Effluent

Hari-ke	Effluent			
	pH	TSS	COD	Turbidity
0				
1	7.8	80	70	8.08
2	7.8	77	47	6.1
3	7.8	89	259	5.4
4	7.7	124	538	10.02

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Data pada **Tabel 3** terlihat kondisi air effluent pada penelitian ini mencapai titik optimum pada hari ke 2 ditunjukkan dengan penurunan COD yaitu sebesar 95%, nilai TSS juga mengalami penurunan sebesar 65%, dan nilai *turbidity* pada hari ke 2 sudah sesuai baku mutu air limbah. Pada hari ke 3 dan 4 terjadi kenaikan pada nilai TSS, COD, dan *turbidity* hal ini disebabkan oleh mikroorganisme pada kolam aerasi sudah tidak bekerja dengan optimal dalam mengolah air limbah.

Kondisi yang dilakukan saat ini di industri kertas Jawa Timur adalah menggunakan nutrient cair sebagai bionutrien untuk menunjang nutrisi mikroorganisme dan hasilnya menunjukkan beberapa parameter seperti COD, TSS, dan *turbidity* belum memenuhi standart efektivitas pada baku mutu air limbah industri menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013. Berdasarkan analisis akan ada penggantian bionutrien tersebut dengan menggunakan *Starch*. Dimana *Starch* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Starch* yang berasal dari limbah pada industri kertas itu sendiri. Sehingga pada penelitian ini memanfaatkan limbah *Starch* dari industri kertas untuk menggantikan bionutrien yang digunakan dalam IPAL.

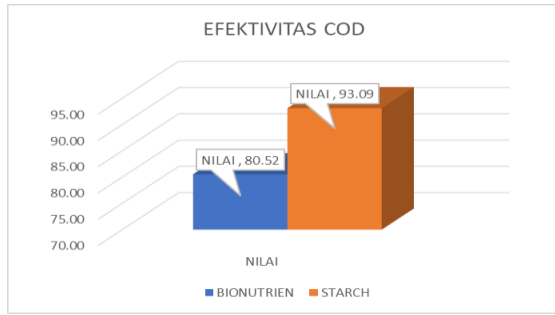
Penentuan Dosis Optimum COD

Tabel 4. Data Perbandingan COD dengan Bionutrien

Variasi 1 (Bionutrien)	Efektivitas COD		
	COD Awal	COD Akhir	Hasil
1	1173	70	94.03
2		47	95.99
3		259	77.92
4		538	54.13
Rata rata			80.52
Variasi 2 (Starch)	Efektivitas COD		
	COD Awal	COD Akhir	Hasil
1	1028	54	94.75
2		51	95.04
3		57	94.46
4		122	88.13
Rata rata			93.09

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Pada **Tabel 4** dan **Gambar 1**, menunjukkan bahwa penggunaan Bionutrien dapat mereduksi nilai COD sebesar 80.52%. Dapat dilihat pada Tabel 4 sampel hari ke 3 dan 4 nilai COD sudah melebihi standart baku mutu yaitu sebesar 150 mg/L. Sedangkan, menggunakan *Starch* semua sampel sudah memenuhi baku mutu dengan nilai rata rata efektivitas COD dari Variasi 2 (*Starch*) lebih besar yaitu sebesar 93.09%. Hal ini menandakan bahwa *Starch* memiliki kinerja yang lebih baik dari pada bionutrien dalam mereduksi nilai COD.



Gambar 1. Grafik Efektivitas COD

Penentuan Dosis Optimum TSS

Tabel 5. Data Perbandingan Bionutrien dengan Starch

Variasi 1 (Bionutrien)	Efektivitas TSS		
	TSS Awal	TSS Akhir	Hasil
1	223	80	64,13
2		77	65,47
3		89	60,09
4		124	44,39
Rata rata			58,52
Variasi 2 (Starch)	Efektivitas TSS		
	TSS Awal	TSS Akhir	Hasil
1	224	127	43,30
2		53	76,34
3		50	77,68
4		80	64,29
Rata rata			65,40

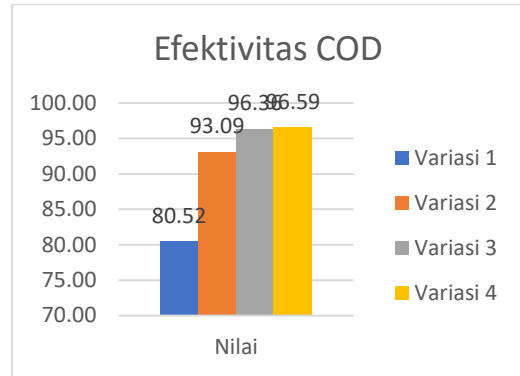
Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan bionutrien nilai efektivitas TSS sebesar 58,52%. Pada sampel hari ke-3 dan 4 nilai TSS sudah melebihi standar baku mutu yaitu sebesar 70. Sedangkan, menggunakan Starch pada sampel hari ke-1 mengalami penurunan yaitu sebesar 43,30% namun hal tersebut belum memenuhi standar baku mutu. Pada hari ke-2 dan ke-3 sudah memenuhi baku mutu dengan penurunan nilai TSS yaitu sebesar 76,34% dan 77,68%. Sedangkan pada hari ke-4 mengalami kenaikan kembali sebesar 80 mg/L.

Diperoleh nilai rata-rata efektivitas TSS dari dua variasi tersebut yang tertinggi pada variasi 2 (Starch) dengan nilai 65,40%. Hal ini menandakan proses aerasi menggunakan Starch lebih baik daripada bionutrien dalam mereduksi nilai TSS dalam pengolahan air limbah. Karena kandungan Starch sebagian besar adalah karbon yang merupakan makanan utama dari mikroorganisme (Pujiyanti dan Anisa, 2017). Tabel 5 membuktikan bahwa Starch lebih baik dari pada bionutrien maka mempunyai potensi untuk menggantikan bionutrien dan untuk mengoptimalkan kinerja Starch pada penelitian ini menggunakan enzim.

Kombinasi Enzim

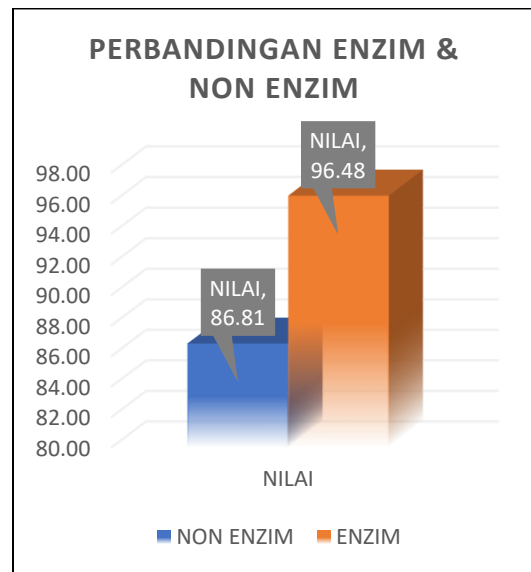
Pada penelitian ini selain penggunaan Starch ada juga menggunakan enzim alfa amilase untuk mengoptimalkan kinerja Starch. Dosis enzim yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 2,5 ppm.



Gambar 2. Hasil Efektivitas COD

Pada Gambar 2 didapatkan bahwa hasil efektivitas COD pada penelitian ini diperoleh dosis optimum yaitu pada dosis pada variasi ke 4 yaitu 2,5 ppm Enzim + 2,5 ppm Starch sebesar 96,59%. COD merupakan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk proses reaksi kimia dengan satuan part per million (ppm) (Boyd, 1990).

Perbandingan Enzim dengan Non Enzim



Gambar 3. Perbandingan Non Enzim dan Enzim

Gambar 3 menunjukkan bahwa sampel yang menggunakan enzim memiliki potensi lebih baik dalam mereduksi nilai COD yang terkandung dalam air limbah secara signifikan hal tersebut dibuktikan dengan efektivitas COD yaitu sebesar 96,48%. Hal ini dikarenakan enzim pada penelitian ini berperan sebagai biokatalis atau yang dapat mempercepat kinerja dari Starch. Penggunaan Starch dalam mereduksi COD sebenarnya sudah baik dibandingkan dengan bionutrien akan tetapi untuk mengoptimalkan kinerja Starch tersebut ditambahkan enzim.

KESIMPULAN

Karakteristik air limbah yang ada di industri kertas Jawa Timur yaitu menunjukkan hasil yang belum memenuhi standart baku mutu air limbah menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dengan nilai COD sebesar 538 mg/L, TSS sebesar 124 mg/L dan Turbidity sebesar 10,02 Ntu.

Dosis optimum sebagai pengganti bionutrien dalam kolam aerasi ditunjukkan pada dosis *Starch* sebesar 5 ppm dengan penurunan COD sebesar 9,09%. Pengaruh penambahan variasi *Starch* 2,5 ppm dan enzim 2,5 ppm menunjukkan pengaruhnya terhadap parameter baku mutu air limbah yaitu dilihat dari nilai efektivitas COD sebesar 96,59%; dan nilai efektivitas TSS sebesar 77,93%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adegunwa, M. O. (2011). Effects of fermentation length and varieties on the pasting properties of sour cassava *Starch*. *African Journal of Biotechnology*, 8428-8433.
- Agustinus, E. T. (2014). Implementasi Material Preservasi Mikroorganisme (Mpmo) Dalam Pemrosesan Limbah Cair Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 65.
- Amri, K. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (*Bioball*). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 55-66.
- Budianti, T. (2017). Studi penggunaan lumpur aktif dan karbon aktif dalam pengolahan air limbah. *Jurnal Kimia*, 1(1), 1-4.
- Chen, Q. (2022). Enhanced treatment of organic matters in starch wastewater through *Bacillus subtilis* strain with polyethylene glycol-modified polyvinyl alcohol/sodium alginate hydrogel microspheres. *Bioresource Technology*, 126741.
- Fajriyah, S. A. (2020). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. X. *Serambi Engineering*, 5(1).
- Feng, H. (2023). New hydrolysis products of oxytetracycline and their contribution to hard COD in biological effluents of antibiotic production wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 144409.
- Hertika, A. M. (2021). Ilmu tentang Plankton dan Peranannya di Lingkungan Perairan. Universitas Brawijaya Press.
- Indrastuti, I. &. (2021). Analisis Waste Water Management pada Proyek Pembangunan Mega Super Blok Meisterstadt Batam Centre. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, 2(2), 180-187.
- Kirdponpattara, S. (2023). Biogas effluent treatment by *Landoltia punctata* for starch biomass production. *Environmental Technology and Innovation*, 103049.
- Muin, R. (2017). Karakteristik Fisik Dan Antimikroba Edible Film Dari Tepung Tapioka Dengan Penambahan Gliserol Dan Kunyit Putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 191-198.
- Nurrohman, R. (2016). *Oxidation Ditch Algae Reactor (Odar) Dalam Pengolahan Nutrien Pada Limbah Greywater Perkotaan*. UII: Doctoral dissertation.
- Sandi, A. K. (2016). Pengaruh F/M Rasio dan Waktu Detensi Aerasi terhadap Efisiensi Removal TSS pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode Conventional Activated Sludge. *Waste Water Treatment Technology*, 125-128.
- Sela, S. K. (2020). Utilization of prawn to reduce the value of BOD and COD of textile wastewater. *Cleaner Engineering and Technology*, 100021.
- Septiningrum, K. (2017). Aplikasi Enzim Di Industri Pulp Dan Kertas: I. Bidang Pulp (Enzyme Application In Pulp And Paper Industry: I. Pulp Section). *Jurnal Selulosa*, 7(01), 1-16.
- Sudinno, D. J. (2015). Kualitas air dan komunitas plankton pada tambak pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 13-28.
- Trisnawati, E. E. (2019). Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas Dengan Metode SRAOP (Sulfate Radical-Advanced Oxidation Process) Menggunakan Katalis Nanomaterial Cobalt Frame work. *FTEKNIK*, 6 (1). 1 – 5.
- Triwiyono, B. (2020). Various Factors Affect The Quality Of Fermented Cassava *Starch*. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 107-117.
- Wijaya, R. (2016). *Waste Water Treatment Tjiwi Kimia*. Mojokerto.
- Yudha, D.A. (2014). Pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-Aerob. Universitas Hasanuddin: Doctoral dissertation.
- Yue, X. (2023). Unveiling the effects of soluble starch, ethanol, and sodium acetate on the interactions of functional microorganisms and nitrogen removal in a partial nitrification and anammox biofilm system. *Biochemical Engineering Journal*, 108773.