

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI NILAI *HYDRAULIC LOADING RATE* TERHADAP EFISIENSI KINERJA SISTEM LAHAN BASAH BUATAN ALIRAN KOMBINASI BAWAH PERMUKAAN DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN BOD PADA LCS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana pada
Program Studi S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat :

Muhammad Indra Firmansyah

NIM. 1910815310007

Pembimbing :

Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S.Si., M.T

NIP. 19841118 200812 2 003



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN

**Pengaruh Variasi Nilai *Hydraulic Loading Rate* (HLR) terhadap Efisiensi
Kinerja Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Bawah Permukaan
dalam Menyisihkan Kadar COD dan BOD pada LCS**

Oleh

Muhammad Indra Firmansyah (1910815310007)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 22 September 2023 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji :

Ketua : Chairul Abdi S.T., M.T.

NIP. 19780712 201212 1 002

Anggota 1 : Muhammad Syahirul Alim S.T., M.T.

NIP. 19751109 200912 1 002

Pembimbing : Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S.Si., M.T.

Utama NIP. 19841118 200812 2 003

Banjarbaru, 25 SEP 2023

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Lingkungan,

Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S

NIP. 19780828 201212 2 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik apapun, baik di Universitas Lambung Mangkurat maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan daftar rujukan.
4. Program *software* computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Lambung Mangkurat (apabila menggunakan *software* khusus).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya sudah bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah saya peroleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, 16 April 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Indra Firmansyah

NIM. 1910815310007

ABSTRAK

UMKM kain sasirangan merupakan salah satu kegiatan penggerak roda pertumbuhan perekonomian di Kota Banjarbaru. Umumnya kegiatan produksi berlangsung pada skala rumah tangga dengan modal yang terbatas sehingga penanganan hasil buangan belum dapat terealisasi melalui unit pengolahan limbah. Atun Cempaka Sasirangan sebagai salah satu pelaku usaha kain sasirangan terkemuka, memproduksi limbah cair dengan kadar COD dan BOD masing-masing sebesar 964,8 mg/L dan 700 mg/L, tingginya nilai kedua parameter tersebut diduga akibat kegiatan pewarnaan dengan bahan sintesis dan pencucian dengan deterjen dari tahap penyempurnaan tekstil sehingga melebihi baku mutu standar PerMenLHK RI No. P.16 tahun 2019. Upaya peningkatan kualitas limbah cair sebelum dilepas ke lingkungan dilakukan dengan memprosesnya di sistem LBB-AKVHBP. Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium dengan 2 kali pengulangan dan 3 kali repetisi, nilai HLR divariasikan untuk menganalisis dinamika dan efisiensi kinerja yang dihasilkan dari masing-masing reaktor, untuk kemudian menganalisis nilai HLR optimal dalam menyisihkan kadar COD dan BOD. Nilai HLR yang divariasikan meliputi HLR 1 sebesar 0,020 m³.m²/hari, HLR 2 sebesar 0,030 m³.m²/hari, dan HLR kontrol sebesar 0,025 m³.m²/hari. Hasil penelitian menunjukkan dinamika penyisihan kadar COD dan BOD pada tiap repetisi mengalami penurunan, berikut ditunjukkan kadar COD dan BOD pada repetisi terakhir yakni HLR 1 sebesar 33,54 mg/L dan 20,83 mg/L; HLR 2 sebesar 74,82 mg/L dan 37,5 mg/L; HLR kontrol sebesar 49,02 mg/L dan 25 mg/L dengan tingkat efisiensi rata-rata penyisihan kadar COD dan BOD selama penelitian berlangsung antara lain HLR 1 sebesar 91% dan 93%; diikuti HLR kontrol sebesar 88% dan 91%; dan HLR 2 sebesar 85% dan 88%. Berdasarkan hasil analisis HLR optimal melalui metode interpolasi linier, reaktor HLR 1 sebesar 0,020 m³.m²/hari merupakan nilai HLR optimal karena memberikan tingkat penyisihan yang lebih unggul dibandingkan nilai HLR 2 dan kontrol selama 3 kali repetisi walaupun ditinjau melalui lama waktu tinggal yang sama, yaitu 10 hari.

Kata Kunci : Limbah Cair Industri Sasirangan, Lahan Basah Buatan, Laju Pembebanan Hidrolis, Waktu Detensi, Bambu Air.

ABSTRACT

Sasirangan cloth MSMEs are one of the activities that drive economic growth in Banjarbaru City. Generally, production activities take place on a household scale with limited capital so that handling of waste products cannot be realized through waste processing units. Atun Cempaka Sasirangan, as one of the leading sasirangan fabric businesses, produces liquid waste with COD and BOD levels of 964,8 mg/L and 700 mg/L respectively. The high values of these two parameters are thought to be due to dyeing activities with synthetic materials and washing with detergent from the textile refinement stage so that it exceeds the standard quality standards of the Republic of Indonesia Minister of Environment and Forestry Regulation No. P.16 of 2019. Efforts to improve the quality of liquid waste before it is released into the environment are carried out by processing it in the LBB-AKVHBP system. The research was carried out on a laboratory scale with 2 repetitions and 3 repetitions, the HLR values were varied to analyze the dynamics and performance efficiency resulting from each reactor, and then analyze the optimal HLR values in removing COD and BOD levels. The HLR values that were varied included HLR 1 of 0,020 m³.m²/day, HLR 2 of 0,030 m³.m²/day, and control HLR of 0,025 m³.m²/day. The results of the research showed that the dynamics of the removal of COD and BOD levels at each repetition decreased. The following shows the COD and BOD levels at the last repetition, namely HLR 1 of 33,54 mg/L and 20.83 mg/L; HLR 2 was 74,82 mg/L and 37,5 mg/L; The control HLR was 49,02 mg/L and 25 mg/L with the average efficiency level for removing COD and BOD levels during the study including HLR 1 of 91% and 93%; followed by control HLR of 88% and 91%; and HLR 2 of 85% and 88%. Based on the results of the optimal HLR analysis using the linear interpolation method, reactor HLR 1 of 0,020 m³.m²/day is the optimal HLR value because it provides a superior removal rate compared to HLR 2 and control values for 3 repetitions even though it is viewed through the same length of residence time, 10 days.

Keywords : Sasirangan Industrial Liquid Waste, Hybrid Constructed Wetland, Hydraulic Loading Rate (HLR), Hydraulic Retention Time (HRT), *Equisetum Hyemale*.

PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia nikmat, rahmat dan hidayah bagi umat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Nilai *Hydraulic Loading Rate* terhadap Efisiensi Kinerja Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Bawah Permukaan dalam Menyisihkan Kadar COD dan BOD pada LCS”** ini tepat pada waktunya. Laporan ini disusun sebagai pemenuhan persyaratan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis mendapat banyak bimbingan, dorongan, semangat serta petunjuk dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan segala kemudahan, kelancaran, keselamatan, dan kesehatan selama proses penyelesaian tugas akhir.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan dan doa demi kelancaran proses penyelesaian tugas akhir.
3. Atun Cempaka Sasirangan yang telah memberikan kesempatan dan bersedia menjadi mitra penulis didalam penyelesaian tugas akhir.
4. Ibu Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S. selaku Koordinator Program Studi, Bapak Rijali Noor, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik, dan seluruh dosen, serta staf Program Studi S-1 Teknik Lingkungan yang telah membimbing dan memfasilitasi penulis dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan.
5. Ibu Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S.Si., M.T. yang selalu membimbing, membagikan wawasan, serta memberikan motivasi terhadap penulis pada saat berkegiatan di lapangan maupun pada saat penyelesaian tugas akhir.
6. Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T. dan Bapak Muhammad Syahirul Alim, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukkan dalam penyusunan tugas akhir.

7. Ar Phelian Rahmah, Bismi Abdillah, Fatma Umaira, Lola Safitri, dan Muhammad Irza Irawan selaku rekan di dalam Tim Penelitian Lahan Basah Buatan yang telah menemani penulis dalam berproses dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Ainun Rahmaniah yang senantiasa menemani dan memberikan segala bentuk dukungan serta bantuan kepada penulis untuk terus semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Muhammad Hidayatul Azmi, Muhammad Iqbal Prayoga, dan Sandri Zulfia Nurhafidz yang senantiasa memberikan akomodasi kepada rekan-rekan “ELYSIAN” PSTL FT ULM angkatan 2019 berupa *basecamp* selama menempuh pendidikan di Kota Banjarbaru.
10. Teman-teman Pemagangan PT. Indocement Tunggal Prakarsa P.12 FT ULM Tahun 2022, Treehome Indonesia Cab. Yogyakarta Periode 2021, IMTLI Regional V Periode 2019, HMTL ULM Periode 2021-2022, “ELYSIAN” PSTL FT ULM angkatan 2019, Asisten Laboratorium Rekayasa Teknik Lingkungan dan Praktikan Bimbingan saya di Tahun 2021-2023 yang telah memberikan dukungan moril, saran, dan masukan dalam kegiatan penyelesaian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dalam meningkatkan prestasi belajar serta mendukung pertumbuhan khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa yang akan datang.

Banjarbaru, 16 April 2023



Muhammad Indra Firmansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	xi
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Kain Sasirangan	7
2.2 Kualitas Limbah Cair Industri Kain Sasirangan	10
2.3 Lahan Basah Buatan	
2.3.1 Tipe Lahan Basah Buatan	15
2.3.2 Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Vertikal dan Horizontal Bawah Permukaan (LBB-AKVHBP)	17
2.3.3 Mekanisme Penyisihan Polutan di Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Vertikal dan Horizontal Bawah Permukaan (LBB- AKVHBP)	20
2.4 Komponen yang Mempengaruhi Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Vertikal dan Horizontal Bawah Permukaan (LBB-AKVHBP)	
2.4.1 Kriteria Desain	25
2.4.2 Tanaman	28
2.4.3 Media	32
2.4.4 Mikroorganisme	37
2.4.5 Temperatur	38

2.5 Parameter yang Diteliti	
2.5.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	39
2.5.2 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	40
2.6 Studi Pustaka	41
2.7 Hipotesis	44
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	
3.1.1 Variabel Penelitian	47
3.1.2 Kerangka Penelitian	47
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	48
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	
3.3.1 Peralatan Penelitian	48
3.3.2 Bahan Penelitian	49
3.4 Prosedur Penelitian dan Pengumpulan Data	
3.4.1 Prosedur Penelitian	49
3.4.2 Pengumpulan Data	55
3.5 Cara Analisis Hasil	
3.5.1 Analisis untuk Mengetahui Dinamika dan Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD pada <i>Outlet</i> Sistem LBB-AKVHBP	56
3.5.2 Analisis untuk Mengetahui Nilai <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR) Optimal pada <i>Outlet</i> Sistem LBB-AKVBP	57
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Dinamika dan Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Industri Kain Sasirangan dengan Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR)	
4.1.1 Analisis Dinamika Penyisihan Kadar COD dan BOD di Sistem LBB-AKVHBP	60
4.1.2 Analisis Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD di Sistem LBB-AKVHBP	70
4.2 Analisis <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR) Optimal dalam Menyisihkan Kadar COD dan BOD pada Sistem LBB-AKVHBP	77
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran	82
DAFTAR RUJUKAN	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Sasirangan	9
Tabel 2.2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil.....	11
Tabel 2.2.2 Uji Pendahuluan Limbah Cair Sasirangan	12
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Lahan Basah Buatan	14
Tabel 2.3.2 Perbandingan LBB-ABP Berdasarkan Jenis Aliran	18
Tabel 2.3.3 Peranan Media, Tanaman, dan Mikroorganisme terhadap Penyisihan Polutan dalam Sistem LBB-AKVHBP	24
Tabel 2.4.1 Kriteria Desain Lahan Basah Buatan Bawah Permukaan	26
Tabel 2.4.3 Karakteristik dan Kinerja Media	33
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu yang Berkaitan dengan Penelitian yang akan dilaksanakan.....	41
Tabel 3.1 Variasi Nilai <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR)	46
Tabel 3.4.1 Kriteria Desain LBB-AKVHBP	52
Tabel 3.4.2.1 Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) di LBB-AKVHBP.....	55
Tabel 3.4.2.2 Kadar <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) di LBB-AKVHBP	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumah Produksi Atun Cempaka Sasirangan.....	8
Gambar 2.3.1.1 <i>Free Water Flow System</i> (FWS)	15
Gambar 2.3.1.2 <i>Sub-surface Flow</i> (SSF)	15
Gambar 2.3.2 Skema Sistem LBB-AKVHBP	17
Gambar 2.3.3.1 Mekanisme Penyisihan Polutan	23
Gambar 2.3.3.2 Zona Aerob dan Anaerob Sistem Perakaran Tanaman Air	24
Gambar 2.4.2.1 Jenis Tumbuhan Air berdasarkan Pertumbuhan dan Kaitannya dengan Permukaan Air	29
Gambar 2.4.2.2 Bambu Air (<i>Equisetum hyemale</i>)	30
Gambar 3.1.2 Kerangka Penelitian	47
Gambar 3.4.1 Pengoperasian Sistem Pengolahan LBB-AKVHBP	53
Gambar 3.4.2 Tampak Samping Reaktor LBB-AKVHBP	53
Gambar 3.4.3 Tampak Perspektif Atas Reaktor LBB-AKVHBP	54
Gambar 3.4.4 Tampak Detail Ukuran Reaktor LBB-AKVHBP.....	54
Gambar 4.1.1.1 Grafik Dinamika Penyisihan Kadar COD.....	60
Gambar 4.1.1.2 Grafik Dinamika Penyisihan Kadar BOD.....	62
Gambar 4.1.2.1 Grafik Efisiensi Penyisihan Kadar COD	71
Gambar 4.1.2.2 Grafik Efisiensi Penyisihan Kadar BOD	72
Gambar 4.1.2.3 Grafik Hubungan BOD Loading Rate dan Tingkat Efisiensi Penyisihan Bahan Organik pada Limbah Cair.....	76
Gambar 4.2.1 <i>Trendline</i> berdasarkan metode Regresi Linier terhadap Kadar COD pada <i>Outlet</i> setelah melalui Sistem LBB-AKVHBP	78
Gambar 4.2.2 <i>Trendline</i> berdasarkan metode Regresi Linier terhadap Kadar BOD pada <i>Outlet</i> setelah melalui Sistem LBB-AKVHBP	79

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

A	= Luas Penampang
BOD	= <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
C	= <i>Carbon</i>
C BOD	= Kadar <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
C COD	= Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i>
C ₀	= Kadar Awal
C _e	= Kadar Akhir
cm	= Sentimeter
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DO	= <i>Dissolved Oxygen</i>
E	= Persen Penurunan
ft/det	= Konduktivitas Hidrolik
g	= Gram
HLR	= <i>Hydraulic Loading Rate</i>
HRT	= <i>Hydraulic Retention Time</i>
HSSF/HF	= <i>Horizontal Sub-Surface Flow</i>
kg/ha.hari	= Kilogram Per Hektar Per Hari
LBB	= Lahan Basah Buatan
LBB-AHBP	= Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan
LBB-AKVHBP	= Lahan Basah Buatan Aliran Kombinasi Vertikal dan Horizontal Bawah Permukaan
LBB-AVBP	= Lahan Basah Buatan Aliran Vertikal Bawah Permukaan
LCS	= Limbah Cair Industri Kain Sasirangan
LHU	= Laporan Hasil Uji
LR	= <i>Loading Rate</i>
m	= Meter
m ³ /hari	= Meter Kubik Per Hari
m ³ /m ² .hari	= Meter Kubik Per Meter Persegi Per Hari
mg/L	= Miligram Per Liter
mL/menit	= Milliliter Per Menit
mm	= Milimeter
N	= Nitrogen
NBS	= <i>Nature Base Solution</i>
NH ₃ ^{-N}	= Amonia
NTU	= <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
o ² /m ² /hari	= Oksigen Per Meter Persegi Per Hari

P	= Porositas Media
pH	= <i>Power of Hydrogen</i>
Pt-Co	= <i>Platinum Cobalt</i>
PVC	= Polivinil klorida
Q	= Debit Aliran
SSF	= <i>Sub-surface Flow System</i>
td	= Waktu Tinggal
TDS	= <i>Total Dissolved Solid</i>
TPB	= Tujuan Pembangunan Berkelanjutan
TSS	= <i>Total Suspendid Solid</i>
V_{med}	= Volume Media
VSSF/VF	= <i>Vertical Sub-surface Flow</i>
η	= Porositas

DAFTAR RUMUS

2.4.1.1 Debit Aliran	26
2.4.1.2 <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR)	26
2.4.1.3 <i>Loading Rate</i> (LR).....	27
2.4.1.4 <i>COD Loading Rate</i> (COD LR).....	27
2.4.1.5 <i>BOD Loading Rate</i> (BOD LR)	27
3.5.1 Rumus Persentase Penurunan (%).....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Sistem LBB-AKVHBP

Lampiran A.1. Kondisi Fisik Sistem LBB-AKVHBP

Lampiran A.2. Kondisi Fisik Sistem LBB-AKVHBP pada Repetisi I

Lampiran A.3. Kondisi Fisik Sistem LBB-AKVHBP pada Repetisi II

Lampiran A.4. Kondisi Fisik Sistem LBB-AKVHBP pada Repetisi III

Lampiran B. Perhitungan Debit Harian, *Hydraulic Loading Rate* (HLR), BOD *Loading Rate*, dan COD *Loading Rate*, Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD pada Sistem LBB-AKVHBP

Lampiran C. Data Hasil Pengamatan Pengukuran pH dan Suhu di *Inlet* pada Sistem LBB-AKVHBP, Kadar COD dan BOD di *Outlet* pada Sistem LBB-AKVHBP, Pengukuran pH dan Suhu Media pada Sistem LBB-AKVHBP, Pengukuran pH dan Suhu Media pada Sistem LBB-AKVHBP

Lampiran D. Lampiran Peta Lokasi Atun Cempaka Sasirangan

Lampiran E. Lampiran Hasil Uji (LHU) Laboratorium Rekayasa Teknik Lingkungan

Lampiran F. Prosedur Pengujian Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Lampiran G. Buku Catatan Kegiatan Penelitian Tugas Akhir (*Log Book* Penelitian)