

**PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO_4)
PADA LIMBAH *LAUNDRY* MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF AMPAS TEBU**

SKRIPSI



Oleh :

NABILA INDAH WIBISONO
NPM 21034010103

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO₄)
PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KARBON**

AKTIF AMPAS TEBU

SKRIPSI



Oleh :

NABILA INDAH WIBISONO

NPM 21034010103

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

2025

**PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO_4)
PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF AMPAS TEBU**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

NABILA INDAH WIBISONO

NPM: 21034010103

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO₄)
PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF AMPAS TEBU

Disusun Oleh:


Nabila Indah Wibisono
NPM. 21034010103

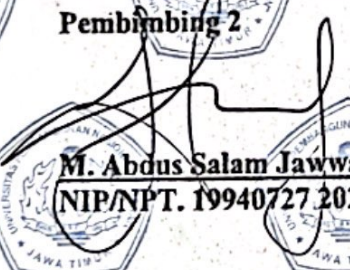
Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Jukung
Jurnal Teknik Lingkungan (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing 1


Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP/NPT. 172 1992 1124 059

Pembimbing 2

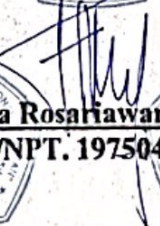

M. Abdus Salam Jawwad, S.T, M.Sc
NIP/NPT. 19940727 202406 1001

TIM PENGUJI

1. Ketua


Dr. Okik Hendriyanto C., ST, MT
NIP/NPT. 19750717 202121 1 007

2. Anggota


Firra Rosariawari, S.T., M.T
NIP/NPT. 19750409 202121 2 004

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


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

LEMBAR PERSETUJUAN
PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO₄)
PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF AMPAS TEBU

Disusun Oleh:


Nabila Indah Wibisono
NPM. 21034010103

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP/NPT. 172 1992 1124 059


M. Abdus Salam Jawwad, S.T, M.Sc
NIP/NPT. 19940727 202406 1001

Mengetahui,

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


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

LEMBAR REVISI

**PENGARUH pH TERHADAP KAPASITAS DAN LAJU
ADSORPSI SURFAKTAN ANIONIK DAN FOSFAT (PO₄)
PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF AMPAS TEBU**

Disusun Oleh:


Nabila Indah Wibisono
NPM. 21034010103

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 29 Oktober 2025

TIM PENILAI

KETUA


Dr. Okik-Hendriyanto C., ST, MT
NIP/NPT. 19750717 202121 1 007

ANGGOTA


Firra Rosariawari, S.T., M.T
NIP/NPT. 19750409 202121 2 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nabila Indah Wibisono

NPM : 21034010103

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 ditemulan 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, 30 Oktober 2025

Yang Membuat pernyataan



Nabila Indah Wibisono

NPM. 21034010103

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Pengaruh pH Terhadap Kapasitas dan Laju Adsorpsi Surfaktan Anionik dan Fosfat (PO_4) pada Limbah *Laundry* Menggunakan Karbon Aktif Ampas Tebu". Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan air limbah yang ramah lingkungan, sekaligus menjadi bahan acuan bagi penelitian-penelitian sejenis di masa yang akan datang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, saya memperoleh banyak bantuan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur serta dosen penguji kedua, atas masukan dan saran yang membangun terhadap hasil penelitian ini serta telah memberikan dukungan selama proses studi.
3. Ibu Aussie Amalia, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama atas segala masukan dan bimbingan yang sangat membantu dalam proses penelitian ini.
4. Bapak M. Abdus Salam Jawwad, S.T, MSc selaku dosen pembimbing kedua yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta dorongan selama penyusunan skripsi ini

5. Bapak Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho., ST, MT selaku dosen penguji pertama atas kritik dan saran yang telah diberikan dalam ujian skripsi.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membekali saya dengan ilmu pengetahuan dan wawasan selama masa studi.
7. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral, spiritual, dan material tanpa henti, serta doa yang menjadi kekuatan utama saya dalam menyelesaikan studi ini.
8. Zakkiyah, Nerra, Aya, Manda, Aisyah, Hanis, Ina, Shafa, Shinta, Reza selaku teman seperjuangan selama masa kuliah yang telah berbagi tawa, semangat, kerja sama. Terima kasih telah menjadi bagian dalam cerita perjuangan ini.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2021 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik saya.
10. Moch. Shafansyah Yumna Argia yang telah menemani dan mendukung penulis dalam proses pengerjaan laporan skripsi ini.
11. Diri sendiri selaku penulis, terima kasih sudah memilih untuk terus melangkah dan berjuang sampai di titik ini, itu sulit tapi kamu berhasil. Semoga kamu tak pernah lupa untuk bangga pada dirimu sendiri.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat, baik dalam dunia akademik maupun dalam penerapannya di bidang teknik lingkungan dan menjadi tambahan pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya, 28 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 Air Limbah <i>Laundry</i>	5
2.1.3 Standar Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i>	11
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Adsorben.....	12
2.2.2 Karbon Aktif	13
2.2.4 <i>Brunauer-Emmet-Teller</i> (BET).....	17
2.2.5 SEM-EDX.....	18
2.2.6 Adsorpsi	19
2.2.7 Sistem Adsorpsi	20
2.2.8 Kurva <i>Breakthrough</i>	22
2.2.9 Faktor-Faktor yang Menunjang Adsorpsi	23
2.2.10 Kinetika Adsorpsi	25

2.2.11 Model Thomas	27
2.2.12 Model Pseudo Orde-1 dan Pseudo Orde-2	28
2.3 Penelitian Terdahulu	29
BAB 3	31
METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Kerangka Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan	33
3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan	33
3.3 Prosedur Kerja	33
3.3.1 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair <i>Laundry</i>	33
3.3.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Tebu.....	34
3.3.3 Penyesuaian pH Limbah <i>Laundry</i>	34
3.3.4 Prosedur Running di Kolom Adsorpsi	35
3.4 Variabel Penelitian.....	36
3.4.1 Variabel Tetap	36
3.4.2 Variabel Bebas	36
3.4.3 Variabel Kontrol.....	36
3.4.4 Variabel Terikat.....	36
3.5 Analisis Data.....	36
3.5.1 Analisis Parameter Limbah.....	36
3.5.2 Menghitung Persentase Removal Efisiensi Adsorpsi	37
3.5.4 Menghitung Kapasitas Adsorpsi dengan Model Thomas	38
3.5.5 Menghitung Kinetika Adsorpsi	39
3.6 Matriks Penelitian.....	40
3.7 Desain Reaktor	42
3.7.1 Spesifikasi Reaktor	43
3.7.2 Perhitungan Waktu Detensi (td).....	43
BAB 4	45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Hasil Karakteristik Awal Limbah <i>Laundry</i>	45
4.2 Hasil Karakteristik Morfologi Karbon Aktif Ampas Tebu	45

4.2.1	Hasil Uji Karakteristik Fisik Kimia Karbon Aktif Ampas Tebu.....	46
4.2.2	Hasil Uji BET Karbon Aktif Ampas Tebu	47
4.2.3	Hasil Uji SEM Karbon Aktif Ampas Tebu	49
4.3	Kemampuan Karbon Aktif Ampas Tebu dalam Penyisihan Surfaktan Anionik dan Fosfat (PO_4)	54
4.3.1	Hasil Analisis dengan Variasi pH dan Debit pada Proses Adsorpsi dalam Penyisihan surfaktan Anionik	54
4.3.2	Hasil Analisis dengan Variasi pH dan Debit pada Proses Adsorpsi dalam Penyisihan Fosfat (PO_4)	58
4.3.3	Analisis Statistika.....	62
4.4	<i>Kurva Breakthrough</i>	64
4.5	Hasil Kapasitas dan Laju Adsorpsi Menggunakan Berbagai Model pada Parameter Surfaktan Anionik	70
4.5.1	Model Thomas	70
4.5.2	Model Pseudo Orde 1	72
4.5.3	Model Pseudo Orde 2	74
4.5.4	Pemilihan Model Terbaik.....	75
4.6	Hasil Kapasitas dan Laju Adsorpsi Menggunakan Berbagai Model pada Parameter Fosfat (PO_4).....	77
4.6.1	Model Thomas	77
4.6.2	Model Pseudo Orde 1	79
4.6.3	Model Pseudo Orde 2	80
4.6.4	Pemilihan Model Terbaik.....	82
BAB 5		84
KESIMPULAN DAN SARAN		84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN		94

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i>	11
Tabel 2. 2 Hasil Uji Awal Limbah <i>Laundry</i>	11
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3. 1 Metode Pengujian Parameter Surfaktan Anionik dan Fosfat	34
Tabel 3. 2 Matriks Penelitian	40
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor	43
Tabel 4. 1 Kriteria Awal Limbah <i>Laundry</i>	45
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Karakteristik Fisik Kimia Karbon Aktif Ampas Tebu	46
Tabel 4. 3 Hasil Uji BET Karbon Aktif Ampas Tebu	47
Tabel 4. 4 Hasil Uji SEM-EDX	51
Tabel 4. 5 Pengaruh pH dan Debit Terhadap Penyisihan Surfaktan Anionik	54
Tabel 4. 6 Pengaruh pH dan Debit Terhadap Penyisihan Fosfat (PO ₄).....	58
Tabel 4. 7 Kurva <i>Breaktrough</i> pada Adsorpsi Surfaktan Anionik	65
Tabel 4. 8 Kurva <i>Breaktrough</i> pada Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	68
Tabel 4. 9 Hasil Analisis Model Thomas Adsorpsi Surfaktan Anionik	71
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Model Pseudo Orde 1 pada Adsorpsi Surfaktan Anionik	73
Tabel 4. 11 Hasil Analisis Model Pseudo Orde 2 pada Adsorpsi Surfaktan Anionik.....	74
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Model Thomas Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	77
Tabel 4. 13 Hasil Analisis Model Pseudo Orde 1 pada Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	79
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Model Pseudo Orde 2 pada Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karbon Aktif Serbuk.....	14
Gambar 2. 2 Karbon Aktif Granular.....	14
Gambar 2. 3 Karbon Aktif Pelet	15
Gambar 2. 4 Istilah Dasar dalam Adsorpsi	19
Gambar 2. 5 Mekanisme Adsorpsi	19
Gambar 2. 6 Bentuk <i>Kurva Breakthrough</i>	23
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Desain Kolom Adsorpsi.....	42
Gambar 3.3 Reaktor Adsorpsi	42
Gambar 4. 1 (A) Karbon Aktif Sebelum Adsorpsi Perbesaran 2.500x (B) Karbon Aktif Sebelum Adsorpsi Perbesaran 10.000x (C) Karbon Aktif Setelah Adsorpsi Perbesaran 2.500x (D) Karbon Aktif Setelah Adsorpsi Perbesaran 10.000x.....	49
Gambar 4. 2 Grafik Spektrum EDX Setelah Adsorpsi	52
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh pH dan Debit terhadap Efisiensi Penyisihan Surfaktan Anionik seiring Waktu	56
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh pH dan Debit terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat (PO_4) seiring Waktu Sampling	60
Gambar 4. 5 Hasil Anova Two Way Surfaktan Anionik.....	62
Gambar 4. 6 Hasil Anova Two Way Fosfat (PO_4)	63
Gambar 4. 7 Grafik Kurva <i>Breakthrough</i> Adsorpsi Surfaktan Anionik	67
Gambar 4. 8 Grafik Kurva <i>Breakthrough</i> Adsorpsi Fosfat (PO_4).....	70
Gambar 4. 9 Grafik Model Thomas Adsorpsi Surfaktan Anionik.....	71
Gambar 4. 10 Grafik Pseudo Orde 1 Adsorpsi Surfaktan Anionik.....	72
Gambar 4. 11 Grafik Pseudo Orde-2 pada Adsorpsi Surfaktan Anionik	74
Gambar 4. 12 Grafik Model Thomas Adsorpsi Fosfat (PO_4)	77
Gambar 4. 13 Grafik Pseudo Orde 1 Adsorpsi Fosfat (PO_4)	79
Gambar 4. 14 Grafik Pseudo Orde 2 Adsorpsi Fosfat (PO_4)	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A1 Hasil Analisis Surfaktan Anionik.....	95
Lampiran A2 Hasil Analisis Fosfat (PO ₄).....	96
Lampiran A3 Hasil Analisis Model Thomas Adsorpsi Surfaktan Anionik	98
Lampiran A4 Hasil Analisis Model Thomas Adsorpsi Fosfat (PO ₄)	100
Lampiran A5 Hasil Analisis Model Pseudo orde 1 Adsorpsi Surfaktan Anionik.	102
Lampiran A6 Hasil Analisis Model Pseudo orde 1 Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	104
Lampiran A7 Hasil Analisis Model Pseudo orde 2 Adsorpsi Surfaktan Anionik.	106
Lampiran A8 Hasil Analisis Model Pseudo orde 2 Adsorpsi Fosfat (PO ₄).....	108
Lampiran B1 Contoh Perhitungan %Penyisihan Adsorpsi	111
Lampiran B2 Contoh Perhitungan Kurva <i>Breakthrough</i>	111
Lampiran B3 Contoh Perhitungan Model Thomas Adsorpsi Surfaktan Anionik.	111
Lampiran B4 Contoh Perhitungan Model Pseudo Orde 1 Adsorpsi Surfaktan Anionik.....	112
Lampiran B5 Contoh Perhitungan Model Pseudo Orde 2 Adsorpsi Surfaktan Anionik.....	113
Lampiran C1 Dokumentasi Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Tebu	115
Lampiran C2 Dokumentasi Proses Adsorpsi.....	117
Lampiran D1 Jadwal Penelitian.....	120
Lampiran D2 RAB	120
Lampiran D3 Hasil Uji Kualitas Karbon Aktif Ampas Tebu.....	121
Lampiran D4 Hasil Uji BET Karbon Aktif Ampas Tebu	123
Lampiran D5 Hasil Uji SEM-EDX Karbon Aktif Ampas Tebu Sebelum Adsorpsi	124
Lampiran D6 Hasil Uji SEM-EDX Karbon Aktif Ampas Tebu Setelah Adsorpsi	125

ABSTRAK

Limbah *laundry* mengandung surfaktan anionik dan fosfat (PO_4) yang dapat mencemari lingkungan dan memicu eutrofikasi. Penelitian ini menggunakan karbon aktif dari ampas tebu sebagai karbon aktif dalam sistem adsorpsi kolom kontinu dengan variasi pH (5, 7, 10) dan debit aliran (30 dan 60 mL/menit). Karbon aktif memiliki kualitas sesuai SNI 06-3730-1995 dengan daya serap iodin 885 mg/g dan luas permukaan 757,5 m^2/g . Efisiensi tertinggi diperoleh pada pH 5 dan debit 30 mL/menit, yaitu 77,14% untuk fosfat dan 71,85% untuk surfaktan anionik pada menit ke-25. Adsorpsi karbon aktif ampas tebu paling sesuai digambarkan oleh model Thomas dengan nilai R^2 0,9967 dan 0,995 untuk parameter surfaktan anionik dan fosfat berturut-turut, dibandingkan model pseudo orde 1 dan pseudo orde 2. Nilai adsorpsi maksimum (q_e) untuk surfaktan anionik adalah 34,65 mg/g dengan konstanta laju (K_{Th}) 0,031 mL/mg.menit, sedangkan untuk fosfat (PO_4) sebesar 13,93 mg/g dengan konstanta laju 0,0079 mL/mg.menit.

Kata kunci: limbah *laundry*, adsorpsi, karbon aktif ampas tebu, fosfat, surfaktan anionik, model Thomas

ABSTRACT

Laundry wastewater contains surfactant anionic and phosphates (PO_4) that can pollute the environment and trigger eutrophication. This study employed activated carbon from sugarcane bagasse in a continuous column adsorption system with variations of pH (5, 7, 10) and flow rate (30 and 60 mL/min). The activated carbon met the SNI 06-3730-1995 standard with an iodine number of 885 mg/g and a surface area of 757.5 m^2/g . The highest removal efficiency was achieved at pH 5 and 30 mL/min, reaching 77.14% for phosphate and 71.85% for surfactant anionic at 25 minutes. The adsorption of activated carbon of sugarcane bagasse is best described by the Thomas model with R^2 values of 0.9967 and 0.995 for anionic surfactant and phosphate parameters respectively, compared to the pseudo-1st and pseudo-2nd order models. The maximum adsorption value (q_e) for anionic surfactant is 34.65 mg/g with a rate constant (K_{Th}) of 0.031 mL/mg.min, while for phosphate (PO_4) it is 13.93 mg/g with a rate constant of 0.0079 mL/mg.min.

Keywords: *laundry wastewater, adsorption, sugarcane bagasse activated carbon, phosphate, surfactant anionic, Thomas model*