

Efektivitas Berbagai Ketebalan Media Arang Aktif Sekam Padi dan Tempurung Kelapa untuk Menurunkan Kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* Limbah Cair Sablon

Maulina Dwi Andani, Bambang Suwerda, Tri Mulyaningsih, Ibnu Rois
(Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)

Abstract

Screen printing liquid waste contains heavy metals, high organic matter, and various pollutants such as ammonia and color that can endanger environmental stability if not managed properly. The results of the examination of the quality of Harno Screen Printing liquid waste in Moyudan obtained a Chemical Oxygen Demand (COD) level exceeding the quality standard of 1,069 mg/L. This study aims to determine the effectiveness of various thicknesses of rice husk and coconut shell activated charcoal media in reducing COD levels of Harno Screen Printing Industry liquid waste in Moyudan. The research method is Pre test - Post test with Control Group Design with pre-treatment (coagulation and sedimentation) followed by filtration and adsorption using variations in the thickness of rice husk and coconut shell activated charcoal media of 25 cm: 75 cm, 50 cm: 50 cm, and 75 cm: 25 cm. The reduction in COD after pre-treatment was 96.7%. The average COD reduction after filtration with a thickness of 25 cm: 75 cm was 40.45%, a thickness of 50 cm: 50 cm was 34.16%, a thickness of 75 cm: 25 cm was 71.4%, and a control of 6.93%. Conclusion, Activated charcoal filtration of rice husks and coconut shells 75 cm: 25 cm is the most effective thickness to reduce COD levels in Harno Screen Printing Industry liquid waste with a reduction of 71.4%.

Keywords: Rice Husks; Coconut Shells; COD; Screen Printing Liquid Waste

Abstrak

Limbah cair sablon mengandung logam berat, bahan organik tinggi, dan berbagai polutan seperti amonia serta warna yang dapat membahayakan kestabilan lingkungan jika pembuangannya tidak dikelola dengan benar. Hasil pemeriksaan kualitas limbah cair Sablon Harno di Moyudan diperoleh kadar Chemical Oxygen Demand (COD) melebihi baku mutu sebesar 1.069 mg/L. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas berbagai ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dalam penurunan kadar COD limbah cair Industri Sablon Harno di Moyudan. Metode penelitian ini adalah Pre test – Post test with Control Group Design dengan pre-treatment (koagulasi dan sedimentasi) yang dilanjutkan dengan filtrasi dan adsorpsi menggunakan variasi ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa 25 cm : 75 cm, 50 cm : 50 cm, dan 75 cm : 25 cm. Penurunan COD setelah pre-treatment sebesar 96,7%. Rata-rata penurunan COD setelah filtrasi dengan ketebalan 25 cm : 75 cm sebesar 40,45%, ketebalan 50 cm : 50 cm sebesar 34,16%, ketebalan 75 cm : 25 cm sebesar 71,4%, dan kontrol sebesar 6,93%. Kesimpulan, Filtrasi arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa 75 cm : 25 cm merupakan ketebalan yang paling efektif untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair Industri Sablon Harno dengan penurunan sebesar 71,4%.

Kata kunci: Sekam Padi; Tempurung Kelapa; COD; Limbah Cair Sablon

PENDAHULUAN

Industri sablon merupakan salah satu industri percetakan yang berkembang pesat di Indonesia. Namun hingga saat ini, limbah yang dihasilkan dari kegiatan penyablonan masih belum mendapat perhatian terkait pengelolannya sehingga masih banyak industri yang langsung membuang limbah yang dihasilkan ke badan air.¹ Home Industry Sablon Harno yang terletak di Dusun Kembangan II, Sumberrahayu, Moyudan, Sleman merupakan industri

rumahan yang melakukan pencetakan suatu desain gambar ke atas permukaan kaos. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan penyablonan ini berasal dari proses pencucian alat *screen* sablon dan perlengkapan cetak lainnya meliputi sisa-sisa tinta, *printgen*, bahan pelarut, bahan pencair, bahan pengering, dan obat afdruck. Limbah cair yang dihasilkan dari proses penyablonan mengandung logam berat seperti besi (Fe), kromium (Cr), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) serta bahan organik tinggi yang dapat membahayakan kestabilan lingkungan jika pembuangannya tidak dikelola dengan benar.²

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah sablon yaitu dengan *pre-treatment* (koagulasi dan sedimentasi) yang dilanjutkan dengan filtrasi dan adsorpsi menggunakan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa. Penerapan koagulasi dapat membantu polutan dalam air limbah untuk menyatu dan membentuk gumpalan-gumpalan yang kemudian akan mengendap melalui proses sedimentasi. Sementara filtrasi merupakan cara pengolahan limbah melalui penyaringan suatu padatan ataupun zat lain dengan melewatkannya pada media. Media yang digunakan dalam filtrasi sangat beragam, salah satunya arang aktif yang bertindak sebagai adsorben. Peristiwa adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik – menarik antara zat terserap dan penyerapannya (adsorben).³

Arang aktif memiliki daya serap yang cukup tinggi dan dapat menyerap gas maupun senyawa organik dan kimia. Daya serap yang tinggi pada arang aktif ini disebabkan karena banyak terdapat pori-pori yang besar dalam karbon melalui pemecahan ikatan hidrokarbon atau pengoksidasian pada molekul permukaan. Untuk memperbesar atau memperluas pori-pori agar daya serap lebih optimal, dapat dilakukan aktivasi pada arang aktif. Aktivasi secara kimia dilakukan menggunakan aktivator berupa bahan kimia seperti KOH, HCl, NaCl, NaOH, H₃PO₄, dan lain-lain.⁴

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pemeriksaan kualitas limbah cair *Home Industry* Sablon Harno yang terletak di Dusun Kembangan II, Moyudan diperoleh kadar yang melebihi baku mutu pada parameter COD yaitu sebesar 1.069 mg/L. Kadar tersebut telah melampaui baku mutu berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk parameter COD sebesar 150 mg/L. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri sablon dengan metode *pre-treatment* (koagulasi dan sedimentasi) yang dilanjutkan dengan filtrasi dan adsorpsi media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa teraktivasi NaCl 60% dengan ketebalan 25 cm : 75 cm, 50 cm : 50 cm, dan 75 cm : 25 cm, serta tanpa media (kontrol). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas berbagai ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dalam penurunan kadar COD limbah cair Industri Sablon Harno di Moyudan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Quasi Experiment*, dimana hasilnya akan dianalisis secara deskriptif dan analitik. Sementara rancangan penelitian yang digunakan yaitu *Pre test – Post test with Control Group Design*. Objek dalam penelitian ini yaitu limbah cair dari pencucian alat-alat penyablonan pada Industri Sablon Harno yang berlokasi di Moyudan, Sleman, Yogyakarta. Limbah cair yang dibutuhkan pada setiap pengulangan sebanyak 32,5 liter dengan total 195 liter. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2023 hingga Januari 2024.

Perlakuan pada limbah cair sablon diawali dengan melakukan *pre-treatment* berupa koagulasi dan sedimentasi. Koagulasi dengan aduk cepat selama 2 menit dan aduk lambat 15 menit lalu sedimentasi (pengendapan) selama 30 menit dan dilanjutkan filtrasi. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran kadar COD saat sebelum dan setelah perlakuan filtrasi menggunakan arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa teraktivasi NaCl 60% dengan ketebalan 25 cm : 75 cm; 50 cm : 50 cm; dan 75 cm : 25 cm serta perlakuan kontrol tanpa menggunakan arang aktif sebagai pembanding. Pengulangan percobaan dilakukan sebanyak 6 kali. Data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data secara deskriptif dan secara analitik dengan menggunakan program SPSS *for Windows*. Hasil pengolahan data secara deskriptif kemudian dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

HASIL PENELITIAN

Limbah cair Industri Sablon Harno memiliki kadar COD sebesar 1.069 mg/L kemudian setelah dilakukan *pre-treatment* berupa koagulasi-sedimentasi diperoleh rata-rata kadar COD sebesar 34,43 mg/L dengan penurunan sebesar 96,7%. Selanjutnya dilakukan filtrasi dengan variasi ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa 25 cm : 75 cm, 50 cm : 50 cm, dan 75 cm : 25 cm.

Tabel 1. Kadar COD Sebelum dan Setelah Pre-Treatment

Kadar COD (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Selisih
Pre	Post			
1.069	34,43	150	1.034,57	96,7%

Tabel 2. Kadar COD Sebelum dan Setelah Filtrasi dengan Ketebalan Media 25 cm : 75 cm

Pengulangan	Kadar COD (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Selisih
	Pre	Post			
1	41,32	24,79	150	16,53	40
2	28,92	24,79	150	4,13	14,28
3	45,45	20,66	150	24,79	54,54
4	28,92	16,53	150	12,39	42,84
5	28,92	20,66	150	8,26	28,56
6	33,06	12,4	150	20,66	62,49
Jumlah	206,59	119,83	-	86,76	242,71
Rata-rata	34,43	19,97	-	14,46	40,45

Berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan adanya penurunan kadar COD setelah perlakuan filtrasi dengan arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dengan perbandingan ketebalan 25 cm : 75 cm. Hasil penurunan dengan perlakuan ini cukup baik dibandingkan dengan penurunan pada penggunaan ketebalan 50 cm : 50 cm.

Tabel 3. Kadar COD Sebelum dan Setelah Filtrasi dengan Ketebalan Media 50 cm : 50 cm

Pengulangan	Kadar COD (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Selisih
	Pre	Post			
1	41,32	12,4	150	28,92	70
2	28,92	16,53	150	12,39	42,84
3	45,45	33,06	150	12,39	27,26
4	28,92	20,66	150	8,26	28,56
5	28,92	24,79	150	4,13	14,28
6	33,06	24,79	150	8,27	25
Jumlah	206,59	132,23	-	74,58	204,94
Rata-rata	34,43	22	-	12,43	34,16

Berdasarkan data pada Tabel 2 menunjukkan adanya penurunan kadar COD setelah perlakuan filtrasi dengan arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dengan perbandingan ketebalan 50 cm : 50 cm. Hasil penurunan pada perlakuan ini kurang optimal dibandingkan dengan perlakuan menggunakan ketebalan 25 cm : 75 cm dan 75 cm : 25 cm karena penurunan di atas 50% hanya terjadi pada pengulangan pertama.

Tabel 4. Kadar COD Sebelum dan Setelah Filtrasi dengan Ketebalan Media 75 cm : 25 cm

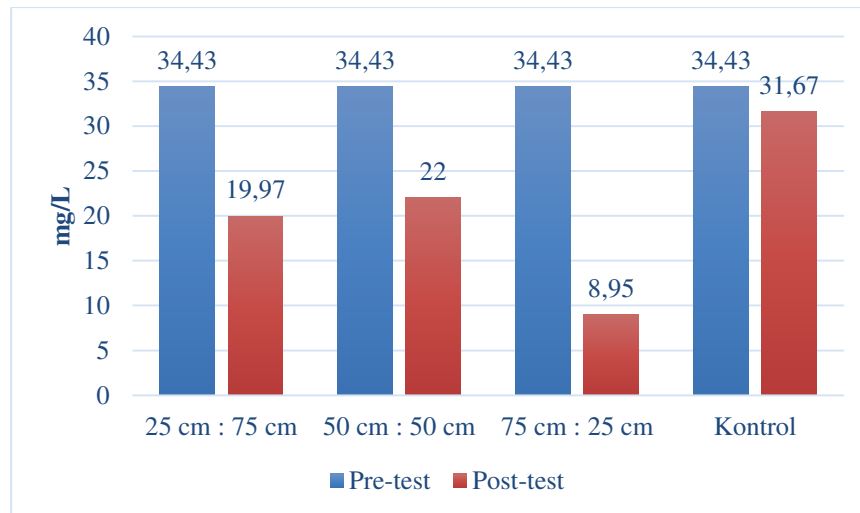
Pengulangan	Kadar COD (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Selisih
	Pre	Post			
1	41,32	8,26	150	33,06	80
2	28,92	8,26	150	20,66	71,43
3	45,45	4,13	150	41,32	90,91
4	28,92	24,79	150	4,13	14,28
5	28,92	4,13	150	24,79	85,71
6	33,06	4,13	150	28,93	87,5
Jumlah	206,59	53,7	-	152,89	429,83
Rata-rata	34,43	8,95	-	25,48	71,4

Berdasarkan data pada Tabel 3 menunjukkan adanya penurunan kadar COD setelah perlakuan filtrasi dengan arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dengan perbandingan ketebalan 75 cm : 25 cm. Penurunan yang diperoleh relatif tinggi pada setiap pengulangan. Hasil penurunan kadar COD pada perlakuan ini merupakan hasil yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan variasi lainnya.

Tabel 5. Kadar COD Sebelum dan Setelah Filtrasi Tanpa Media (Kontrol)

Pengulangan	Kadar COD (mg/L)		Baku Mutu (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Selisih
	Pre	Post			
1	41,32	33,06	150	8,26	20
2	28,92	28,92	150	0	0
3	45,45	41,32	150	4,13	9,1
4	28,92	28,92	150	0	0
5	28,92	28,92	150	0	0
6	33,06	28,92	150	4,14	12,53
Jumlah	206,59	190,06	-	16,53	41,63
Rata-rata	34,43	31,67	-	2,75	6,93

Berdasarkan data pada Tabel 4 menunjukkan adanya penurunan kadar COD pada kelompok kontrol setelah perlakuan filtrasi dengan kerikil dan tanpa media arang aktif. Namun penurunan yang dihasilkan relatif rendah dan terdapat sebanyak 3 pengulangan yang tidak mengalami penurunan kadar COD. Hal ini dikarenakan kelompok kontrol hanya digunakan sebagai pembanding sehingga tidak menggunakan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa.



Gambar 1. Grafik penurunan kadar COD antar kelompok perlakuan dan kelompok kontrol

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada penggunaan ketebalan media filtrasi 75 cm : 25 cm diperoleh hasil penurunan kadar COD yang paling baik dibandingkan pada penggunaan media dengan ketebalan 25 cm : 75 cm dan 50 cm : 50 cm. Sementara pada kelompok kontrol diperoleh penurunan yang relatif rendah dikarenakan perlakuan tanpa menggunakan media arang aktif (tanpa media). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pada penggunaan media yang dominan arang aktif sekam padi diperoleh hasil penurunan yang optimal.

PEMBAHASAN

Limbah cair sablon mengandung bahan organik dan anorganik tinggi yang berasal dari proses pencucian alat *screen* sablon dan perlengkapan cetak lainnya meliputi sisa-sisa tinta, *printgen*, bahan pelarut, bahan pencair, bahan pengering, dan obat afdruck. Salah satu karakteristik limbah cair sablon yaitu mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang mengindikasikan adanya kandungan bahan-bahan organik pada air limbah.⁵ Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah sablon dengan metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa 25 cm : 75 cm; 50 cm : 50 cm; 75 cm : 25 cm; serta kontrol tanpa media arang aktif. Namun sebelumnya dilakukan *pre-treatment* berupa koagulasi-flokulasi dan sedimentasi agar output filtrasi dapat optimal dan memenuhi baku mutu.

Suatu hasil penelitian mengenai pengolahan limbah cair laundry melalui koagulasi dengan tawas 100 ppm dapat menurunkan kadar COD sebesar 57,43% kemudian dilanjutkan adsorpsi karbon aktif selama 40 menit dapat menurunkan kadar COD sebesar 54,73%.⁶ Proses koagulasi melalui pengadukan cepat dan lambat yang bertujuan untuk menggabungkan koloid dengan cara merusak stabilitas partikel koloid sehingga kekeruhan dan warna yang disebabkan oleh bahan organik dapat dihilangkan. Koagulasi dapat

memudahkan proses penyaringan, dimana zat pencemar yang telah menjadi makroflok akan mudah mengendap saat proses sedimentasi.⁷ Hal tersebut sejalan dengan penelitian ini yang mana pada diperoleh penurunan kadar COD setelah dilakukan *pre-treatment* sebesar 96,7%, dari kadar awal 1.069 mg/L menjadi 34,43 mg/L. Kemudian dilanjutkan dengan filtrasi dan adsorpsi dengan variasi ketebalan arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa.

Pada proses filtrasi dan adsorpsi terjadi peristiwa kontak antara padatan dan molekul-molekul cair atau gas. Pada saat terjadi kontak ada gaya tarik-menarik antara adsorbat (zat yang terserap) dan adsorben (penyerap). Gaya tarik-menarik inilah yang menyebabkan terperangkapnya polutan penyebab tingginya kadar COD pada permukaan adsorben.⁸ Suatu hasil penelitian tentang pengolahan limbah cair rumah tangga dengan filtrasi dan adsorpsi arang aktif tempurung kelapa dengan ketebalan 100 cm pada waktu kontak 60 menit dapat menurunkan kadar COD sebesar 39%.⁹ Hal tersebut sejalan dengan penelitian ini dimana diperoleh penurunan kadar COD sebesar 40,45% pada penggunaan media yang dominan arang aktif tempurung kelapa yaitu ketebalan 25 cm : 75 cm. Sementara hasil penelitian yang lain menggunakan karbon aktif sekam padi dalam menurunkan kadar COD limbah cair laundry diperoleh penurunan sebesar 82,62%.¹⁰ Hasil tersebut sesuai dengan penelitian ini yang mana diperoleh penurunan paling baik pada penggunaan media yang dominan arang aktif sekam padi, yaitu ketebalan 75 cm : 25 cm dengan rata-rata penurunan sebesar 71,4%.

Secara umum, arang aktif sekam padi mengandung kadar air sebesar 11,35% dan kadar abu sebesar 13,16% sedangkan arang aktif tempurung kelapa memiliki kadar air sebesar 14,31% dan kadar abu sebesar 18%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 karbon aktif yang baik memiliki kadar air maksimum 15% dan kadar abu maksimum 10%.¹¹ Apabila dilihat dari kandungannya, sekam padi memiliki kadar air dan kadar abu yang lebih rendah dibandingkan dengan tempurung kelapa sehingga sekam padi memiliki daya serap terhadap polutan yang lebih baik. Kadar air yang tinggi dalam arang aktif dapat mengurangi kapasitas adsorpsi karena ruang kosong di dalam struktur arang akan diisi oleh air sehingga membuatnya kurang optimal dalam menyerap polutan. Sedangkan kadar abu yang tinggi dalam arang aktif juga dapat mengurangi kapasitas adsorpsi karena partikel-partikel abu pada arang aktif akan menghalangi akses ke adsorben dan berkompetisi dengan polutan untuk pengikatan pada permukaan arang aktif.¹²

Luas permukaan adsorben mempengaruhi proses adsorpsi, semakin besar luas permukaan arang aktif maka semakin tinggi kemampuan adsorpsinya. Dengan kata lain, semakin kecil ukuran adsorben yang digunakan menyebabkan luas permukaan semakin besar sehingga terjadi interaksi yang sangat efektif antara adsorben dan adsorbat.¹³ Dalam hal ini, ukuran butir arang aktif sekam padi lebih kecil dibandingkan dengan arang aktif tempurung kelapa sehingga pada penggunaan perbandingan media arang sekam padi yang

lebih dominan dapat menurunkan kadar COD lebih optimal daripada arang aktif tempurung kelapa.¹⁴ Di samping itu, efektivitas adsorpsi arang aktif juga dipengaruhi oleh konsentrasi aktivator, pada penelitian ini digunakan aktivator NaCl 60%. Hal ini sejalan dengan suatu penelitian yang menggunakan NaCl sebagai aktivator arang aktif dengan konsentrasi 15%, 30%, 45%, dan 60% diperoleh hasil optimum pada penggunaan konsentrasi NaCl 60% dengan daya serap iod sebesar 1516,45 mg/gr.¹⁵

Penurunan kadar COD limbah cair sablon setelah perlakuan *pre-treatment* dan filtrasi dengan variasi ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa telah memenuhi baku mutu parameter COD menurut Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah¹⁶ dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu sebesar 150 mg/L.¹⁷ Hal ini menunjukkan bahwa hasil filtrasi limbah cair sablon dengan berbagai ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dapat menurunkan kadar COD mencapai 71,4%.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi ketebalan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa efektif dalam menurunkan kadar COD limbah cair Industri Sablon Harno di Moyudan. Penurunan paling baik terdapat pada penggunaan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa dengan ketebalan 75 cm : 25 cm sebesar 71,4%, pada ketebalan 25 cm : 75 cm sebesar 40,45%, serta pada ketebalan 50 cm : 50 cm sebesar 34,16%. Adapun saran bagi peneliti selanjutnya perlu dilakukan riset lebih lanjut mengenai penggunaan media arang aktif sekam padi dan tempurung kelapa untuk menurunkan parameter selain COD serta perlu dilakukan penelitian lanjutan yang membandingkan arang aktif sekam padi dan arang aktif tempurung kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pawestri DS, Budiono Z, Abdullah S. Efisiensi Multi Soil Layering (MSL) Dalam Menurunkan Kadar Chromium Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Sablon Di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas. Buletin Keslingmas. 2020;39(3):131–7.
2. Violita L, Apriani I, Sulastri A. Kemampuan Tanaman Kangkung Air Dalam Menurunkan Krom Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Cair Sablon. Jurnal Rekayasa Lingkungan. 2022;13(1):37–44.
3. Saputra AH, Purnama LB, Karmini M. Perbedaan Waktu Kontak Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Di PT. XYZ. Jurnal Kesehatan Siliwangi. 2021;2(2):420–6.

4. Nurhidayanti N, Ardiatma D, Anggriawan B. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Amonia Total Dalam Air Limbah Industri. *J Pelita Teknol.* 2020;15(1):68–76.
5. Tri SAP. Gambaran Pengelolaan Dan Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Sablon Di Desa Pemogan Tahun 2019. *Int J Hypertens.* 2019;1(1):1–171.
6. Zahara TA, Kartika ID, Tanjungpura U. Efektivitas Penggunaan Tawas Dan Karbon Aktif Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Prosiding SEMIRATA 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura, Pontianak.* 2015. p. 690 - 699.
7. Kusuma DPA. Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi (Studi Kasus Desa Soropadan, Kecamatan Pringsurat, Kabupaten Temanggung). 2022;5(2):99–103.
8. Pradana AA, Pujiono P, Yulianto B, Ruhmawati T. Perbedaan Waktu Kontak Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Domestik. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung.* 2019;11(1):215.
9. Rusdianto, Akbari T, Fitriyah F. Efisiensi Adsorpsi Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L) dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS dan pH pada Limbah Cair Detergen Rumah Tangga. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam.* 2022;5(1):73–83.
10. Mefiana RM, Sugiharto A. Uji Efektivitas Karbon Aktif dan Abu Sekam Padi dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Laundry. *J Kartika Kim.* 2021;4(2):83–8.
11. BSN (Badan Standarisasi Nasional). SNI 06-3730-1995 : Arang Aktif Teknis.
12. Desfitri ER, Arifanda AY, Yulianti A, Desmiarti R. Studi Efektivitas Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Sebagai Adsorben Pengurangan Kadar Amonia Limbah Cair Tahu. *J Ilm Tek Kim.* 2024;21(1):2460–8203.
13. Qory DRA, Ginting Z, Bahri S. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Salak Sebagai Adsorben Alami dengan Aktivator H_2SO_4 . *Jurnal Teknologi Kimia Unimal.* 10(2), pp. 26-36.
14. Adiningtyas A, Mulyono P. Kinetika Adsorpsi Nikel (II) dalam Larutan *Aqueous* dengan Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa. *J Rekayasa Proses.* 2016;10(2):36-42.
15. Fatimura M, Masriatini R, Putri F. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Karbon Aktif Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator NaCl. *Univ PGRI Palembang.* 2020;5:87–95.
16. Daerah Istimewa Yogyakarta. Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2016.
17. Menteri Lingkungan Hidup. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. 2014.