



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129 |



Artikel Penelitian

Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Media Pasir Silika-Karbon Aktif-Manganese Greensand

Septi Fatimatus Zahro, Rr. Diah Nugraheni Setyowati, Sulistiya Nengse, Teguh Taruna Utama, Arqowi Pribadi

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya, Surabaya 60237, Indonesia

Koresponden: septifzahro11@gmail.com

Diterima: 6 Agustus 2021

Diperbaiki: 27 September 2021

Disetujui: 2 Desember 2021

A B S T R A C T

Laundry wastewater contains various kinds of contaminants, and high BOD₅, COD, and phosphate. The wastewater laundry is directly disposed into sewerage without treatment. The results showed that BOD₅, COD, TSS, phosphate, and pH parameters of laundry wastewater are 180.7 mg/L, 500.3 mg/L, 30 mg/L, 31.8 mg/L, and 8.3, respectively. One of the wastewater treatment methods is filtration. This research used multimedia filtration with three different media. There are three kinds of media which are silica sand, activated carbon, and manganese greensand. The purpose of this research was to find out the design of the reactor, to know the concentration of the test parameter before and after this processing, and to calculate the removal efficiency. The results showed that the reactor design measured 15x15x80 cm. On water quality before processing, there are three parameters that do not meet quality standards, and after processing all of the parameter tests do meet quality standards except phosphate. The best penyisihan efficiency for BOD₅ test parameters was 68.56%, COD was 65.78%, TSS was 6.67%, phosphate was 16.35%, and pH was 12.04%. Further research is needed to know the saturation time of each filter media.

Keywords: Laundry wastewater, filtration, silica sand, activated carbon, manganese greensand

A B S T R A K

Air limbah laundry mengandung berbagai macam kontaminan, dan BOD₅, COD, dan fosfat yang tinggi. Air limbah cucian ini langsung dibuang ke saluran pembuangan tanpa pengolahan. Hasil pengecekan parameter BOD₅, COD, TSS, fosfat, dan pH air limbah laundry adalah 180,7 mg/L, 500,3 mg/L, 30 mg/L, 31,8 mg/L, dan 8,3. Salah satu metode pengolahan air limbah adalah dengan penyaringan. Dalam penelitian ini digunakan filtrasi multimedia dengan tiga media yang berbeda. Ada tiga macam media yaitu pasir silika, karbon aktif, dan manganese greensand. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui desain reaktor, mengetahui konsentrasi parameter uji sebelum dan sesudah pengolahan, serta menghitung efisiensi penyisihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain reaktor berukuran 15x15x80 cm. Pada kualitas air sebelum pengolahan ada tiga parameter yang tidak memenuhi baku mutu, dan setelah pengolahan semua parameter uji memenuhi baku mutu kecuali fosfat. Efisiensi penyisihan terbaik untuk parameter uji BOD₅ adalah 68,56%, COD 65,78%, TSS 6,67%, fosfat 16,35%, dan pH 12,04%. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu saturasi masing-masing media filter.

Kata kunci: Air limbah laundry, filtrasi, pasir silika, karbon aktif, manganese greensand

1. PENDAHULUAN

Perkembangan jasa laundry semakin meningkat. Peningkatan jasa laundry ini juga berpengaruh pada peningkatan perekonomian masyarakat (Yunarsih dkk., 2013). Kemudahan dan kepraktisan dalam hal mencuci baju menjadi pilihan sebagian masyarakat.

Namun akibatnya terjadi peningkatan produk sampingan yang dihasilkan oleh jasa laundry tersebut. Produk sampingan dari jasa laundry tersebut adalah limbah cair laundry. Limbah cair laundry mengandung berbagai macam zat kontaminan yang dapat menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan yang dapat terjadi

diantaranya eutrofikasi, penurunan kualitas air, serta terganggunya ekosistem perairan (Yunarsih dkk., 2013). Eutrofikasi adalah kejadian peningkatan pertumbuhan tanaman air yang tidak normal disuatu perairan akibat jumlah nutrisi yang berlebihan. Limbah cair laundry yang menumpuk di perairan dapat menyebabkan perubahan warna air menjadi hitam dan bahkan berbusa. Kondisi perairan yang semakin memburuk akibat penumpukan limbah cair ini menyebabkan proses degradasi polutan secara aerobik menjadi terganggu. Nilai COD, BOD₅, bahkan fosfat yang tinggi menyebabkan terganggunya ekosistem perairan. Oleh karena itu, limbah cair laundry harus dilakukan pengolahan khusus sebelum dibuang ke perairan. Beberapa teknik pengolahan air limbah secara fisik, kimia, maupun biologi. Salah satu teknik pengolahan yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan limbah laundry tersebut yaitu filtrasi. Filtrasi adalah suatu proses penyaringan partikel-partikel yang tidak terendapkan di sedimentasi dengan menggunakan media berpori (Siregar, 2005). Pada penelitian ini menggunakan filtrasi multimedia. Media filter yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan gabungan dari pasir silika, karbon aktif, dan manganese greensand. Diharapkan gabungan media filter ini dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang terjadi akibat limbah laundry ini. Hasil olahan atau effluent dari filter ini diharapkan telah memenuhi baku mutu yang berlaku.

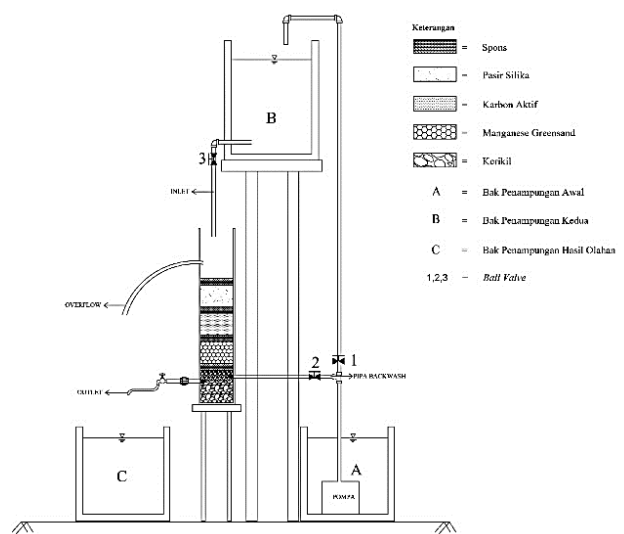
2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai dengan Juni 2020. Penelitian dilakukan di laboratorium mandiri, laboratorium integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya serta Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Balai Riset Standarisasi Industri Surabaya. Sampel limbah laundry yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Green Laundry Porong, Sidoarjo. Data primer yang digunakan adalah hasil wawancara dari pihak jasa laundry yaitu debit air limbah 100 liter/hari. Data sekunder dari studi literatur. Parameter yang diuji diantaranya BOD₅, COD, TSS, Fosfat, dan pH. Gambar 1 menunjukkan rancangan prototype reaktor filter dan Gambar 2 sketsa alat yang digunakan dalam penelitian ini.

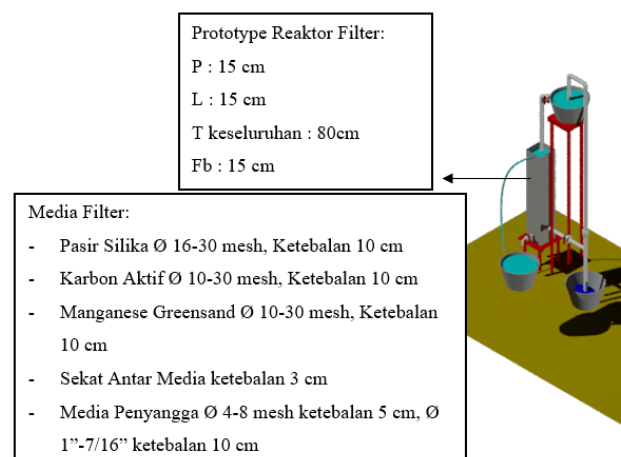
Prototype reaktor terbuat dari kaca dengan ketebalan 8 mm. Ukuran reaktor yaitu 15 x 15 x 80 cm. Bak penampungan yang digunakan yaitu diameter atas 37 cm dan 44 cm dan diletakkan pada ketinggian ±165cm dari tanah. Menggunakan pipa 1/2", 3 buah ball valve, 1 buah tee, 3 buah elbow, 1 buah kran, 2 buah

watermur, dan 2 buah strainer, 1meter selang air, dan 2 buah sock drat. Pompa yang digunakan yaitu pompa submersible dengan head max 2,5meter. Ketebalan masing-masing media 10 cm, ketebalan sekat 3 cm, ketebalan media penyangga 15 cm. Diagram alir pengolahannya dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada penelitian ini dilakukan analisa sampel sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan. Running reaktor sendiri dilakukan selama 1,5 jam. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada menit ke-0 sebagai sampel kontrol, menit ke-30, menit ke-60, dan menit ke-90 sebagai sampel hasil olahan.



Gambar 1. Rancangan Prototype Reaktor Filter



Gambar 2. Sketsa Prototype Reaktor Filter



Gambar 3. Diagram alir pengolahan

Pengambilan sampel limbah laundry dilakukan di salah satu pemilik jasa laundry yang beralamatkan di Jl. Pemuda RT 14 RW 04, Juwet Kenongo, Porong, Sidoarjo. Kemudian dilakukan perakitan reaktor sesuai dengan desain yang telah dibuat. Setelah itu dilanjutkan dengan running reaktor selama 1,5 jam. Running reaktor dilakukan setelah pengecekan, uji coba reaktor, dan pencarian debit optimum. Debit optimum pengolahan 20 ml/detik. Running reaktor dilakukan pada tanggal 16 April 2020. Sampel diambil saat waktu ke-0 (kontrol) dan setelah dilakukan pengolahan pada menit ke-30, 60, dan 90.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil analisa laboratorium influen dan efluen reaktor.

Tabel 1. Hasil Analisa Laboratorium

No	Parameter	Satuan	Pengambilan Menit ke-				Metode Uji
			0	30	60	90	
1	BOD ₅	mg/L	180,7	56,8	64	82,9	SNI 6989.72:2009
2	COD	mg/L	500,3	171,2	293,6	263	SNI 6989.2:2009
3	TSS	mg/L	30	50	38	28	SNI 06-6989.3-2004
4	PO ₄	mg/L	31,8	26,7	26,6	31,5	Standart Method edisi 23 tahun 2017, bagian 4500-P.C
5	pH	-	8,3	7,5	7,4	7,3	SNI 6898.11:2019

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi parameter uji BOD, COD, dan fosfat sangat tinggi. Namun, penurunannya setelah dilakukan pengolahan belum maksimal. Berikut Tabel 2 menunjukkan perbandingan konsentrasi parameter uji dengan baku mutu yang berlaku (PermenLHK No. 5 Tahun 2014).

Tabel 2. Perbandingan Kosentrasi parameter uji dengan baku mutu

No	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Pengambilan Menit ke-				Keterangan
			0	30	60	90	
1.	BOD ₅	75	180,7	56,8	64	82,9	M, kecuali pada Pengambilan menit ke 90
2.	COD	180	500,3	171,2	293,6	263	M, hanya pada pengambilan menit ke-30
3.	TSS	60	30	50	38	28	M
4.	PO ₄	2	31,8	26,7	26,6	31,5	TM
5.	pH	6-9	8,3	7,5	7,4	7,3	M

Keterangan: M = memenuhi, TM = Tidak Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa 2 parameter uji telah memenuhi baku mutu baik sebelum maupun sesudah dilakukan pengolahan.

Namun, 3 parameter uji lainnya belum memenuhi baku mutu. Dari hasil analisa laboratorium tersebut dapat dihitung nilai efisiensi setiap parameter uji dengan menggunakan persamaan 1 berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

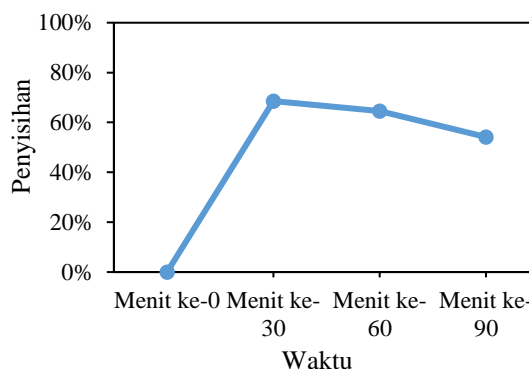
A adalah kosentrasi sebelum pengolahan

B adalah kosentrasi sesudah pengolahan

Berikut ini efisiensi penyisihan masing-masing parameter uji:

BOD₅ (Biological Oxygen Demand)

Nilai BOD₅ dapat diperoleh dari selisih nilai DO_i (hari pertama) dengan DO₅ (hari ke-5 setelah diinkubasi). Nilai BOD₅ menyatakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi polutan organik dalam suatu air limbah. Kadar BOD₅ sebelum dilakukan pengolahan sebesar 180,7 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan kadarnya turun menjadi 56,8 mg/L. Namun, pada pengambilan sampel waktu berikutnya terjadi kenaikan kadar. Hal ini dikarenakan aktivitas mikroorganisme dalam air limbah itu meningkat serta dapat disebabkan karena suhu penyimpanan sampel kurang sesuai. Berikut Gambar 3 menunjukkan efisiensi penyisihan parameter BOD₅.



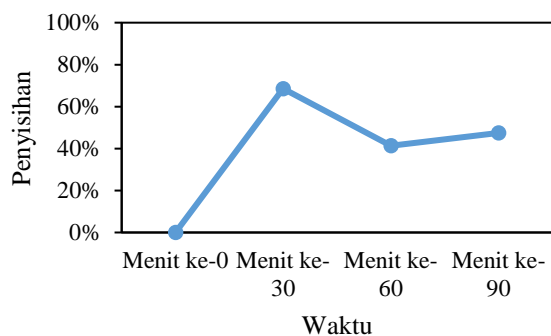
Gambar 3. Grafik efisiensi penyisihan BOD₅

Gambar 3 menyimpulkan bahwa efisiensi penyisihan terbaik pada menit ke-30 yaitu sebesar 68,56%. Waktu optimum pengolahan pada menit ke-30. Pada penelitian sebelumnya dengan filtrasi ganda efisiensi penyisihan parameter BOD hanya sebesar 53% dan konsentrasinya belum memenuhi baku mutu yang berlaku (Pungus dkk., 2019). Namun, pada penelitian Pungus dkk. (2019) tidak dilakukan optimalisasi waktu kontak dan ketebalan media filter. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Gemala dan Oktarizal. (2019) dengan reaktor botol mineral 1,5 L, ketebalan media 15cm menunjukkan hasil efisiensi penyisihan BOD hanya bernilai 20%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Assiddieq, 2017 dengan variasi massa media 2kg nilai efisiensi penyisihan BOD sebesar 40,36%, dan variasi massa 4 kg sebesar 78,48%. Hal

ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak media yang digunakan semakin baik dalam menurunkan kadar BOD. Nilai efisiensi penyisihan BOD penelitian Pungus, Mega, dan Assiddieq pada variasi massa media 2 kg lebih kecil dibandingkan dengan hasil efisiensi penyisihan BOD pada penelitian ini.

COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Nilai COD merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh zat kimia untuk mendegradasi polutan organik dalam air limbah. Pengujian COD dengan metode refluk spektrofotometri. Dalam hasil laboratorium pada Tabel 1. dapat diketahui bahwa nilai COD sangat tinggi yaitu sebesar 500,3 mg/L. Namun, setelah dilakukannya pengolahan nilai COD dapat memenuhi baku mutu yaitu sebesar 171,2 mg/L. Akan tetapi, pada pengambilan menit ke-60 terjadi kenaikan konsentrasi. Namun, Kembali turun pada menit ke-90 menjadi 263 mg/L. Kenaikan konsentrasi COD ini dipicu oleh zat kimia yang masih terkandung dalam media filter yang belum tercuci dengan sempurna. Berikut Gambar 4 menunjukkan efisiensi penyisihan parameter COD.



Gambar 4. Efisiensi Penyisihan COD

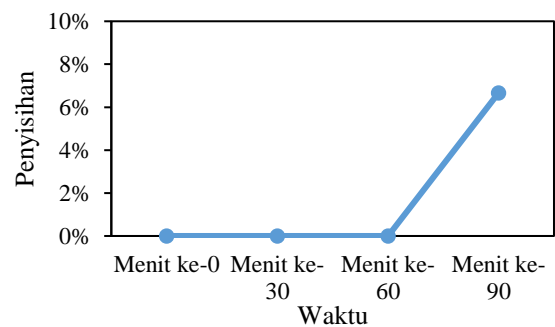
Gambar 4 menunjukkan efisiensi penyisihan COD terbaik pada menit ke-30 sebesar 65,78%. Maka, waktu optimum pengolahan untuk dapat menyisihkan COD dengan baik pada menit ke-30.

Nilai efisiensi penyisihan pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dari penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pungus, 2019 nilai efisiensi penyisihan COD sebesar 54%, dan penelitian yang dilakukan Gemala, 2019 tidak memiliki nilai efisiensi penyisihan COD karena konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan mengalami kenaikan konsentrasi.

TSS (*Total Suspended Solid*)

Gambar 5 menunjukkan efisiensi penyisihan TSS. Pengujian TSS dengan metode gravimetri dengan menghitung selisih berat kertas saring dan residunya dikurangi berat kertas saringnya saja kemudian dikali dengan volume uji dalam satuan ml. Berdasarkan tabel hasil uji konsentrasi TSS sebelum dan sesudah

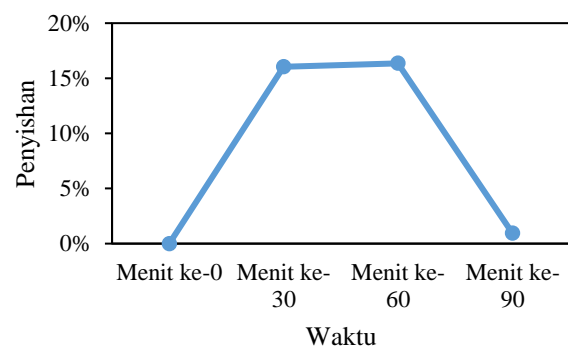
pengolahan telah memenuhi standart baku mutu yang berlaku. Kenaikan konsentrasi TSS pada menit ke-30 terjadi karena zat pengotor yang ada pada media filter ikut keluar bersamaan dengan air hasil olahan. Efisiensi penyisihan terbaik saat menit ke-90 yaitu sebesar 6,67%. Hasil efisiensi penyisihan penelitian ini memang tidak menunjukkan hasil yang signifikan penurunan TSSnya namun, karena konsentrasi TSS telah memenuhi baku mutu maka tidak menjadi persoalan



Gambar 5. Efisiensi Penyisihan TSS

Fosfat (PO_4)

Konsentrasi fosfat yang tinggi diperairan menyebabkan eutrofikasi yang mengganggu kehidupan biota air. Kadar fosfat dalam penelitian ini sangat tinggi yaitu 31,8 mg/L dan hanya mampu di penyisihan sampai 26,6 mg/L pada waktu kontak menit ke-60. Namun, konsentrasinya kembali naik pada menit ke-90. Kadar fosfat dalam air limbah laundry belum dapat tepenyisihan dengan baik. Gambar 6 menunjukkan efisiensi penyisihan fosfat.



Gambar 6. Efisiensi Penyisihan Fosfat

Dapat disimpulkan dari Gambar 6 tersebut bahwa efisiensi penyisihan terbaik pada menit ke-60 yaitu sebesar 16,35%. Efisiensi penyisihan bisa diperbesar dengan aktivasi media. Media manganese greensand dapat diaktivasi dengan kalium permanangat, sedangkan karbon aktif bisa menggunakan natrium hidroksida. Aktivasi ini berfungsi untuk memperbesar luas permukaan media sehingga daya adsopsinya lebih tinggi. Namun, efek sampingnya zat kimia bahan aktivasinya sulit dihilangkan hanya dengan proses pencucian biasa.

Pada penelitian sebelumnya, penurunan kadar fosfat sangat signifikan. Nilai efisiensi penyisihannya sangat besar dibandingkan dengan penelitian ini. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Majid dkk, 2017 dengan media karbon aktif 3 gr efisiensinya sebesar 65,86%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Gemala, 2019 kadar fosfat sebesar 10,4 mg/L dan bisa tereduksi hingga kadarnya menjadi 0,16 mg/L atau 98,46% efisiensi penyisihannya dengan media filter kombinasi zeolite dan arang aktif. Menurut penelitian Lavinia dkk, 2016 dengan menggunakan manganese greensand tanpa aktivasi dapat mereduksi fosfat hingga 71,68%.

pH

Parameter pH dalam penelitian ini sebagai parameter pendukung saja. Kadar pH sebelum dan sesudah pengolahan sudah memenuhi baku mutu. Baku mutu pH rentang nilai 6 sampai dengan 9.

Headloss Media Filter

Dalam merencanakan unit filter harus menghitung headloss setiap media filter. Nilai headloss menunjukkan tingginya genangan air pada reaktor filter saat filter itu dioperasikan. Perhitungan headloss media filter menggunakan persamaan rose. Berikut langkah menghitung headloss media filter:

a. Cek Bilangan Reynold N_{re}

$$N_{re} = \frac{\varphi \cdot d \cdot V_0}{\nu}$$

b. Menghitung nilai C_{drag}

Jika $N_{re} \leq 2$, menggunakan rumus berikut:

$$C_{drag} = \frac{24}{N_{re}}$$

Jika $N_{re} \geq 2$, menggunakan rumus berikut:

$$C_{drag} = \frac{24}{N_{re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{re}}} + 0,34$$

c. Menghitung Headloss Media

$$H_L = \frac{1,067}{\varphi} \times \frac{C_{drag}}{g} \times H_{media} \times \frac{V_0^2}{\varepsilon^4} \times \frac{1}{D_{media}}$$

d. Mengitung Gabungan Headloss Media Filter

Headloss Gabungan = headloss media 1 + headloss media 2 + ... + headloss media x

Berdasarkan beberapa rumus tersebut maka headloss media filter dapat dihitung. Ditemukan headloss media pasir silika 0,8 cm, headloss media karbon aktif 0,2cm, headloss media manganese greensand 0,2 cm, dan headloss media penyangga 0,12 cm. maka, headloss gabungan media filter yaitu 1,32 cm.

Evaluasi Reaktor Filter

Berdasarkan hasil laboratorium dan perhitungan efisiensi penyisihan prototype reaktor filter hanya mampu mengolah limbah laundry dengan baik pada waktu kontak menit ke-30. Dalam waktu tersebut reaktor hanya mampu mengolah limbah sebesar 36

liter, sedangkan perharinya debit limbah sebesar 100 liter/hari. Oleh karena itu beberapa hal yang perlu dilakukan untuk menyempurnakan reaktor yaitu:

1. Dapat dilakukan perbesaran reaktor filter 3x dari ukuran prototype. untuk desain reaktor upscale 3x dari prototype dapat dilihat pada Lampiran.
2. Melakukan aktivasi media, terbukti dengan aktivasi media dapat memperbesar kemampuan penyisihan zat-zat kontaminan yang ada didalam limbah laundry. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aliman (2017) menggunakan media filter karbon aktif, zeolite yang telah diaktivasi secara fisika dengan mengoven media filter suhu 200°C dalam waktu 30 menit. Hasil penelitiannya kadar fosfat mampu turun hingga sebesar 0,49 mg/L atau sebesar 99,8% efisiensi penyisihannya.
3. Ditambahkan pengolahan pendahuluan sebelum masuk ke reaktor filter yaitu dengan Elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi menggunakan proses elektrokimia dalam pengolahan air limbahnya. Ada tiga tahap proses elektrokoagulasi yaitu ekualisasi, koagulasi-flokulasi, dan pengendapan (Hernaningsih, 2016). Pengolahan dengan metode elektrokoagulasi terbukti dapat menurunkan kadar kontaminan yang terdapat pada limbah cair laundry.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan terbaik *prototype* reaktor yaitu BOD₅ pada menit ke-30 (68,56%), COD menit ke-30 (65,78%), TSS menit ke-90 (6,67%), fosfat menit ke-60 (16,35%), dan pH menit ke-90 (12,04%). Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk memvariasikan media filter yang digunakan untuk mendapatkan hasil olahan yang lebih baik. Selain itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tingkat kejenuhan media filter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiastuti, F. E., & Ratih, Y. W. (2018). *Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Azolla*.

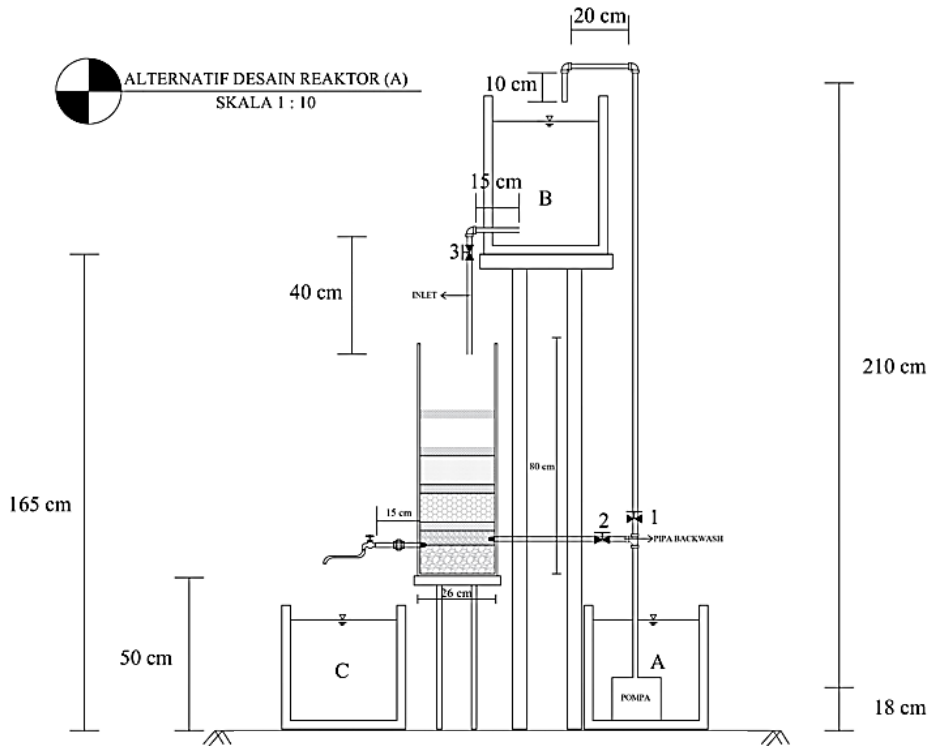
- 15(1), 9.
- Agustina, T. E., Faizal, M., & Aprianti, T. (2014). *Application of Activated Carbon and Natural Zeolite for Phosphate Penyisihan from Laundry Wastewater*. 6.
- Aliman. (2017). *Pengaruh Absorpsi Karbon Aktif & Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), Fosfat (Po₄), Dan Deterjen Dalam Limbah Laundry*. [Skripsi].
- Aljbour, S. H., Al-Harashsheh, A. M., Aliedeh, M. A., Al-Zboon, K., & Al-Harashsheh, S. (2017). *Phosphate penyisihan from aqueous solutions by using natural Jordanian zeolitic tuff*. *Adsorption Science & Technology*, 35(3–4), 284–299.
- Anonim. (2020). <http://www.purewateroccasional.net/hwinoutwholehouse.html>. Diakses pada 8 Januari 2020, Jam 18.30 WIB.
- Anonim. (2020). <https://www.nazava.com/shop/pasir-silika-jawa/>. Diakses pada 8 Januari 2020, Jam 19.00 WIB.
- Anonim. (2020). <https://inviro.co.id/product/manganese-greensand-1-zak-isi-25-kg/>. Diakses pada 8 Januari 2020, Jam 19.10 WIB
- Artiyani, A., & Firmansyah, N. H. (2016). *Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Up Flow Dengan Media Pasir Zeolit Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik*. 6(1), 8.
- Assiddieq, M., Darmayani, S., & Kudonowarso, W. (2017). *The use of silica sand, zeolite and active charcoal to reduce BOD, COD, and TSS of laundry waste water as a biology learning resources*. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(3), 202.
- Atima, W. (2015). *BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air*. 4(1), 11.
- Darmasetiawan. (2001). *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*, Yayasan Suryono, Bandung
- Elfrida, D. (2017). *Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi Dan Arang [Tugas Akhir]*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Febiyari, I. (2016). *Efektivitas Aerasi, Sedimentasi, Dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan Kadar Besi (Fe) Dalam Air*. 8(1), 8.
- Gemala, M., & Oktarizal, H. (2019). *Rancang Bangun Alat Penyaringan Air Limbah Laundry*. *Chempublish Journal*, 4(1), 38–43.
- Handarsari, E., Hidayah, F. F., & Sya'di, Y. K. (2017). *D eseminasi: Pembuatan Air Bersih Dengan Memanfaatkan Air Hujan Melalui Penyaring Pipa Bersusun Berbasis Adsorben Alami*. 8.
- Hari P, B., Hendriyana, Nurdini, L., Amrializzia, D., & Fitri U, A. (2015). *Pengolahan Limbah Laundry dengan Memanfaatkan Limbah Logam Berbentuk Spiral Sebagai Elektroda Secara Elektrokoagulasi*.
- Hermassi, M., Valderrama, C., Moreno, N., Font, O., Querol, X., Batis, N., & Cortina, J. L. (2016). *Powdered Ca-activated zeolite for phosphate penyisihan from treated waste-water: Powdered Ca-activated zeolite for phosphate penyisihan*. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 91(7), 1962–1971.
- Hernaningsih, T. (2016). *Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Dengan Proses Elektrokoagulasi*. 9(1), 16.
- Juherah, J., & Ansar, M. (2019). *Pengolahan Limbah Cair Dengan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Fosfat (PO₄) Pada Limbah Laundry*. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 18(2), 106. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v18i2.1142>
- Koesputri, Amalia Safira, and Hanan Lanang Dangiran. (2016). *Pengaruh Variasi Lama Kontak Tanaman Melati Air (Echinodorus Palaefolius) Dengan Sistem Subsurface Flow Wetlands Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod Dan Fosfat Dalam Limbah Cair Laundry*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 4 (2016): 9.
- Kurniati, T. R., & Mujiburohman, M. (2020). *Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry*.
- Lavinia, D. L., Sulistiyani, & Rahardjo, M. (2016). *Perbedaan Efektivitas Zeolit dan Manganese Greensand untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan Chemical Oxygen Demand Limbah Cair "Laundry Zone" di Tembalang*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4.
- Lestari, P., Amri, C., & Sudaryanto, S. (2017). *Efektifitas Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium pada Proses Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Laundry*. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 38. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v9i1.36>
- Mahyudin, Barid, B., & Nursetiawan. (2016). *Analisis Kualitas Air Dengan Filtrasi Menggunakan Pasir Silika Sebagai Media Filter (dengan*

- parameter kadar Fe, pH, dan Kadar Lumpur) [Skripsi].
- Majid, M., Amir, R., Umar, R., & Hengky, H. K. (2017). *Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Di Kota Parepare Sulawesi Selatan*. 7.
- Nurhayati, I. (2014). *Pengaruh Media Filtrasi Arang Aktif Terhadap Kekeruhan, Warna Dan Tds Pada Air Telaga Di Desa Balongpanggung*. 12, 5.
- Pandingangan, & Arianto, K. (2018). *Perencanaan dan Perancangan Instalasi Pengolahan Air Bersih di Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang* [Skripsi].
- Pemerintah Indonesia, 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pinem, K. I. (2019). *Pengaruh Rate Filtrasi Dan Ketebalan Media Pasir Silika Terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan Dan Peningkatan Nilai Ph Dalam Filtrasi Air Gambut*. [Tugas Akhir].
- Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. (2019). *Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi*. 7.
- Rachmawati, B. (2017). *Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry*. 6(1), 8.
- Reynolds, & Ricahrds. (1996). *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*.
- Schulz, & Okun. (1984). *Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries. Water and Sanitation for Health (WASH) Project of the United States Agency for International Development*.
- Setyobudiarso, H., & Yuwono, E. (2014). *Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir – Arang Aktif*. Jurnal Neutrino.
- Sheth, D. K. N., & Patel, M. (2017). *A Study on Characterization & Treatment of Laundry Effluent*. 4(1), 7.
- Siahaan, J. Y. N. (2016). *Pengaruh Limbah Laundry Terhadap Kualitas Air tanah Di Sebagian Wilayah Desa Sinduadi, Kecamatan Mlati, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta*. 10.
- SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah
- SNI 06-6989.72-2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia
- SNI 6989.2:2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi
- SNI 06-6989.3-2004 tentang cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetric
- SNI 06-6989.31-2005 tentang Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat
- Sri Widya Astuti, & Mersi Suriani Sinaga. (2015). *Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Metode Biosand Filter Untuk Mendegradasi Fosfat*. Jurnal Teknik Kimia USU, 4(2), 53–58.
- Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). *Fitoremediasi Phospat dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri kecil Pencucian Pakaian (Laundry)*. 11.
- Sulastrri. (2014). *Pengaruh Media Filtrasi Arang Aktif Terhadap Kekeruhan, Warna dan TDS pada Air Telaga di Desa Balongpanggung*.
- Sulistiyorini, I. S., Edwin, M., & Arung, A. S. (2016). *Analisis Kualitas Air Pada Sumber Mata Air di Kecamatan Karang dan Kaliorang Kabupaten Kutai Timur*. 4.
- Suprianofa, C. (2016). *Pembuatan Karbon Aktif Ari Kulit Durian Sebagai Adsorben Zat Warna Dari Limbah Cair Tenun Songket Dengan Aktivator Koh*.
- Tchobanoglous, G., Button, F., & Stensel, D. (2001). *Waste Water Engineering*.
- Ubaedilah, U. (2017). *Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor*. Jurnal Teknik Mesin, 5(3), 30.
- Widyastuti, S., & Sari, A. S. (2011). *Kinerja Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Filtrasi Dalam Mereduksi Kesadahan*. 09, 12.
- Wimpenny, J., Manz, W., Szewzyk, U. (2000). *Heterogeneity in Biofilms*, FEMS Microbiol
- Yunarsih, N. M., Manurun, M., & Putra, K. G. D. (2013). *Efektifitas Membran Khitosan Dari Kulit Udang Galah*. Journal of Applied Chemistry, 1, 8.

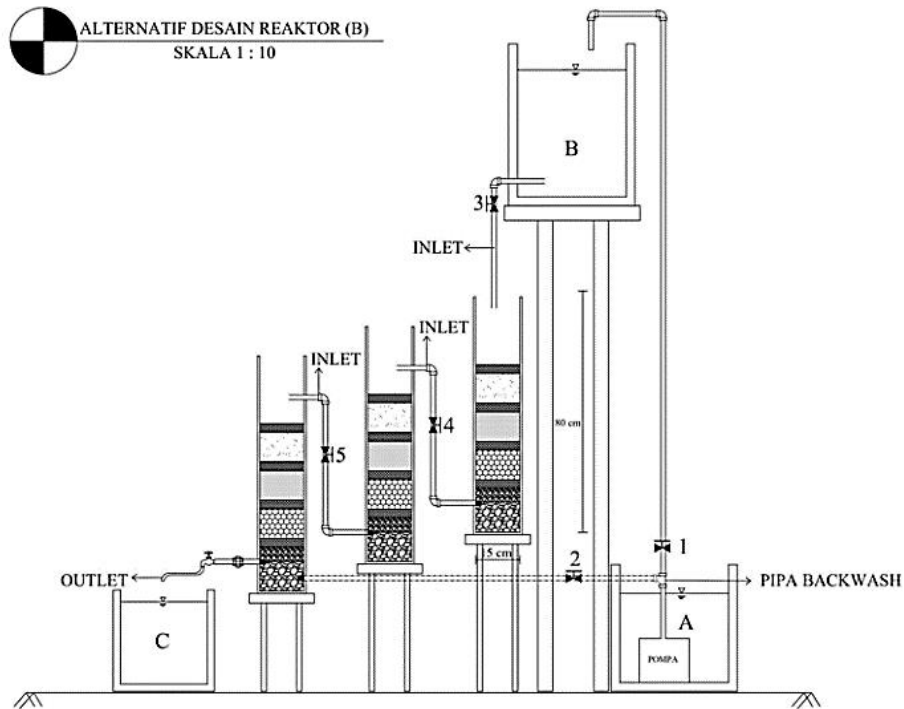
LAMPIRAN

Berikut merupakan gambar desain reaktor yang merupakan scale up dari prototype yang telah diuji coba sebelumnya. Desain reaktor terdiri dari 3 desain. Desain A terdiri dari 1 reaktor yang volumenya 3x dari prototype, desain B terdiri dari 3 reaktor yang

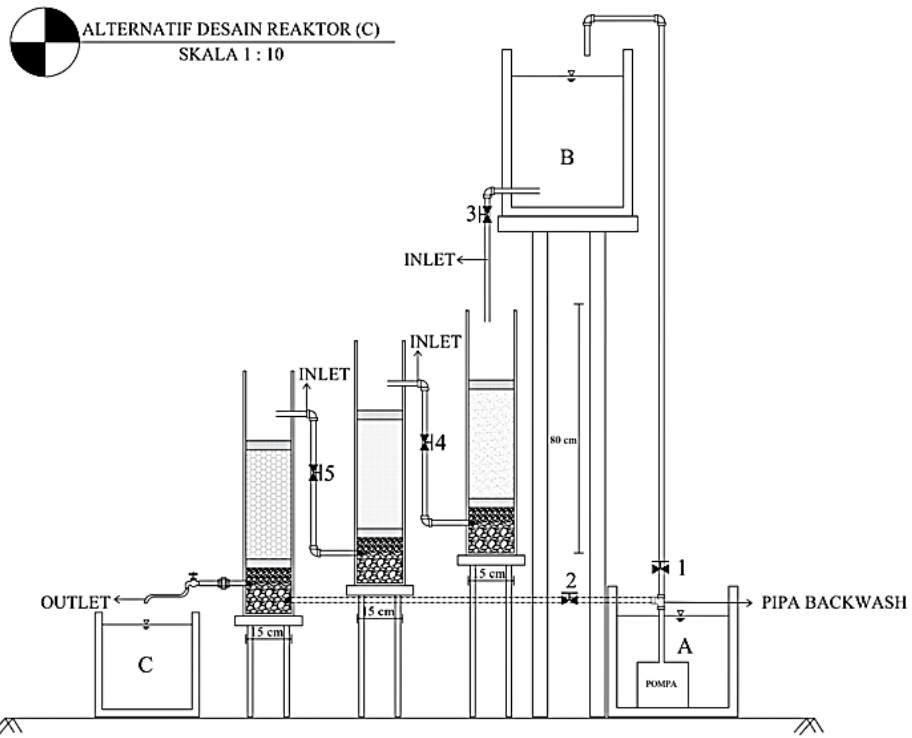
merupakan filter bertingkat ukuran per reaktornya dan susunan medianya sama seperti pada prototype, dan desain C sama seperti desain kedua namun susunan medianya berbeda yaitu setiap reaktor hanya berisi satu media saja. Berikut ini gambar desainnya



Gambar L1. Desain Reaktor A



Gambar L2. Desain Reaktor B



Gambar L3. Desain Reaktor C