

## Pengolahan Limbah *Greywater* Sebagai Solusi Terhadap Krisis Air Bersih di Kota Bontang (*Greywater Waste Treatment as a Solution to the Clean Water Crisis in Bontang City*)

Lies Kurniawati Wulandari

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang – Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received : 20 July 2022

Revised : 28 August 2022

Accepted : 25 September 2022

#### DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4383>

#### Keywords :

*filtration; greywater; regression; urban; water treatment*

#### e-mail corresponding author :

[lieskurniawati@lecturer.itn.ac.id](mailto:lieskurniawati@lecturer.itn.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sebuah teknik pengolahan air limbah *greywater* dan air hujan menjadi air bersih, yakni dengan teknik filtrasi menggunakan pasir sebagai material filter, serta penambahan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan soda ash (*Sodium Chloride*) untuk menetralkan pH. Pengamatan dilakukan terhadap variabel variasi kadar PAC dan soda ash ( $X_1$ ) dan variasi ketebalan pasir ( $X_2$ ) terhadap parameter kualitas air ( $Y$ ) yang terdiri dari pH dan kekeruhan (NTU). Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier. Secara umum, teknik pengolahan yang diterapkan terbukti mampu merubah limbah *greywater* dan air hujan menjadi air bersih kelas II. Dengan kata lain, air telah dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari, namun tidak untuk dikonsumsi. Metode filtrasi mampu menghilangkan polutan yang terkandung dalam air limbah *greywater*, dan dapat menjadi solusi pemenuhan air bersih di kawasan perkotaan, khususnya Kota Bontang, Kalimantan Timur.

### PENERBIT

#### UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-  
Malang, 65144, Telp/Fax:  
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

### ABSTRACT

*This research develops a technique for treating greywater and rainwater wastewater into clean water, namely by using a filtration technique using sand as a filter material, as well as adding PAC (Poly Aluminum Chloride) and soda ash (Sodium Chloride) to neutralize pH. Observations were made on variations in PAC and soda ash levels ( $X_1$ ) and variations in sand thickness ( $X_2$ ) on water quality parameters ( $Y$ ) consisting of pH and turbidity (NTU). Data analysis was performed using the linear regression method. The treatment techniques applied are proven capable of converting greywater and rainwater waste into class II clean water. In other words, water can be used for daily needs but not for consumption. The filtration method can remove pollutants in greywater wastewater and be a solution for meeting clean water in urban areas, especially in Bontang City, East Kalimantan.*

**Cara Mengutip :** Wulandari, L.K. (2023). Pengolahan Limbah Greywater Sebagai Solusi Terhadap Krisis Air Bersih di Kota Bontang. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8(1), 224-233.

doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4383>

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan air bersih berbanding lurus dengan peningkatan populasi penduduk, khususnya di wilayah perkotaan. Tidak dapat dipungkiri bahwa peruntukan air bersih yang paling utama adalah untuk aktivitas antropogenik, utamanya domestik. Sejauh ini, pemenuhan kebutuhan air bersih ditanggung oleh perusahaan pengolahan air minum di tiap daerah dengan memanfaatkan sumber air tanah. Sementara itu, di wilayah perkotaan umumnya tidak banyak terdapat sumber air tanah yang bersih. Hal tersebut dibarengi dengan produksi air limbah rumah tangga yang tinggi, sehingga menjadikan timbulnya permasalahan krisis air bersih. Krisis air di wilayah perkotaan juga diperparah dengan inefisiensi penggunaan air bersih. Pemanfaatan air bersih umumnya hanya dilakukan untuk satu kali penggunaan/keperluan, sedangkan air tersebut sebenarnya masih dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan lain tanpa harus dibuang langsung menjadi air limbah. Inefisiensi tersebut menjadikan tingginya produksi limbah *greywater*.

Limbah *greywater* merupakan salah satu limbah terbesar yang masuk ke badan air, seperti sungai. Limbah *greywater* merupakan limbah cair yang berasal dari dapur, laundry dan kamar mandi [1]. Ahli menjelaskan bahwa pemanfaatan air dinilai tidak efisien, di mana paling tidak 60% hingga 85% dari penggunaan air akan berakhir menjadi limbah. Padahal, air tersebut sebenarnya masih bisa dimanfaatkan kembali untuk peruntukan lain, ataupun diolah lagi secara sederhana [2]. Limbah yang paling utama di sini adalah *greywater*, yang mana dari persentase tersebut mendominasi hingga 75%. Jika inefisiensi ini tidak disadari, maka ketersediaan sumber daya air akan cepat menipis, mengiringi peningkatan produksi limbah *greywater* [3]. *Greywater* masuk ke badan air secara instan, baik melalui sungai ataupun saluran drainase. Proses ini mengancam kualitas sumber daya air di alam karena limbah masuk tanpa adanya tahap pengolahan. Kontaminasi tidak hanya terjadi secara langsung, namun juga secara tidak langsung, misalnya melalui infiltrasi [4]. Limbah *greywater* yang umumnya langsung dibuang ke saluran drainase tersebut umumnya membawa kandungan unsur nitrogen, fosfat dan potasium. Di satu sisi, berbagai unsur tersebut berpotensi menjadi pupuk untuk makrofit. Namun di sisi lain, unsur hara berlebih bisa mengakibatkan eutrofikasi, yakni jika direspon oleh mikrofit dalam badan air. Konsekuensinya tentu saja adalah kelangsungan ekosistem yang ada di badan air [2]. Pengolahan limbah cair menjadi sebuah keharusan karena dapat menimbulkan dampak secara luas [5].

Pencemaran badan air akibat kontaminasi *greywater* dapat diatasi dengan pengolahan air limbah sebelum pembuangan. Namun, *trend* penelitian terbaru menunjukkan bahwa selain pengolahan *greywater* untuk dibuang, limbah *greywater* dapat dimanfaatkan kembali sumber air bersih (*reuse*). *Treatment* air limbah domestik dituntut untuk memastikan bahwa luaran yang dihasilkan sudah tidak lagi memiliki potensi untuk mencemari lingkungan, khususnya sumber air minum. Adapun jika tidak langsung diolah, *greywater* bisa diturunkan produksinya dengan inisiatif penggunaan kembali, misalnya sebagai air khusus menyiram kakus, menyiram taman, mencuci perkakas, dan sebagainya. Penggunaan kembali (*reuse*) limbah cair *greywater* dapat membantu mengurangi penggunaan sumber air bersih yang tersedia. Untuk meningkatkan kualitas air

hasil pengolahan, serta mendukung kecukupan bahan baku air, limbah *greywater* dapat dicampur dengan air hujan. Arifin [6] menjelaskan bahwa air hujan merupakan salah satu sumber air bersih yang dapat dijadikan alternatif pemenuhan kebutuhan air sehari-hari.

Saat ini, pemenuhan air bersih di Kota Bontang dipenuhi oleh perusahaan air minum setempat; Perumdam Tirta Taman Kota Bontang. Data terdahulu memperlihatkan angka kebutuhan air bersih di Kota Bontang mencapai 632,10 liter/detik. Tingginya angka tersebut tentunya senada dengan kebutuhan menurut populasinya, yakni 185.251 jiwa [7]. Sumber air baku yang dimanfaatkan oleh perusahaan air minum setempat adalah sumur dalam (*deep well*), di mana kualitas air semakin menurun seiring dengan perjalanan waktu. Sejauh ini, kemampuan produksi air dilaporkan mencapai 414,38 liter/detik, di mana kuantitas tersebut dihasilkan dari 22 sumur. Artinya, terlihat bahwa produksinya belum memenuhi angka kebutuhan sebagaimana dijelaskan sebelumnya, yakni dengan angka defisit mencapai 217,72 liter/detik. Untuk itu, diperlukan sumber alternatif untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kota Bontang. Sementara itu, kondisi tersebut diperparah dengan keterbatasan jangkauan saluran air. Sebanyak paling tidak 500 keluarga di kepulauan perairan Bontang terpaksa bertahan dengan keterbatasan sumber daya air. Hal tersebut diakibatkan oleh faktor jarak yang memoderasi mahalnnya biaya distribusi air (Rp. 5.000 per kubik). Ini menjadi tantangan tersendiri bagi banyak pihak, termasuk akademisi, untuk membantu memecahkan masalah defisit air bersih. Setidaknya terdapat empat kampung; Melahing, Tihi-tihi, Busung dan Selangan -dengan rata-rata jumlah penduduk 140 - 150 KK yang masih belum mendapatkan air bersih dari perusahaan air minum setempat. Harga tersebut tentu semakin mahal jika ditambah dengan biaya transportasi.

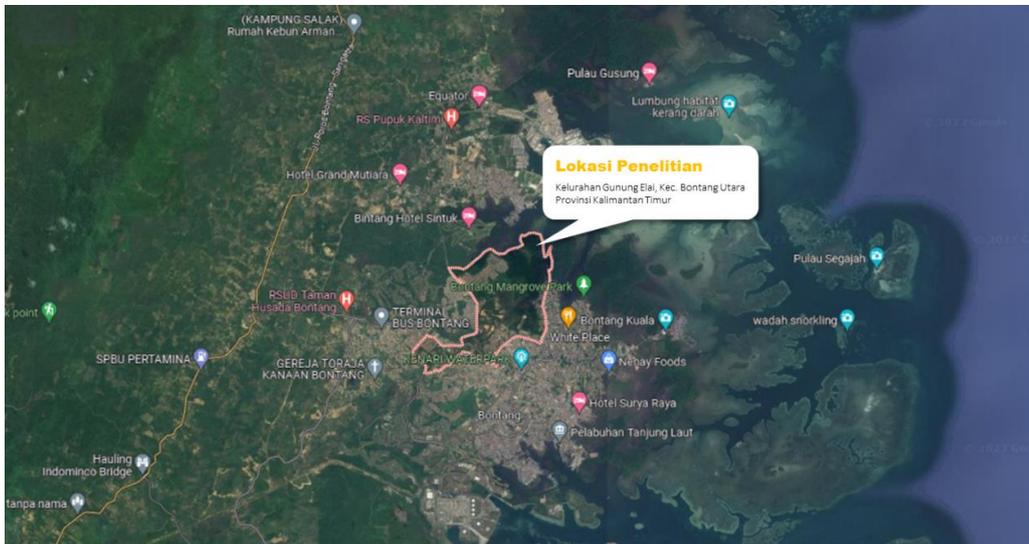
Penelitian ini mengajukan sebuah solusi untuk mengatasi defisiensi air bersih di Kota Bontang melalui pemanfaatan kembali air limbah *greywater* dan air hujan. Secara singkat, teknologi sederhana yang diterapkan adalah penyaringan (filtrasi) dengan menggunakan media pasir. Selain sederhana, teknologi tersebut juga murah dan tidak membutuhkan desain yang rumit, sehingga dapat ditiru oleh masyarakat setempat untuk memenuhi kebutuhan air bersih di rumah tangga masing-masing. Ide solutif ini diharapkan berlaku umum, yakni dapat diduplikasi atau diimplementasikan kembali di wilayah lain, khususnya dengan karakteristik dan problematika serupa.

## 2. METODE PENELITIAN

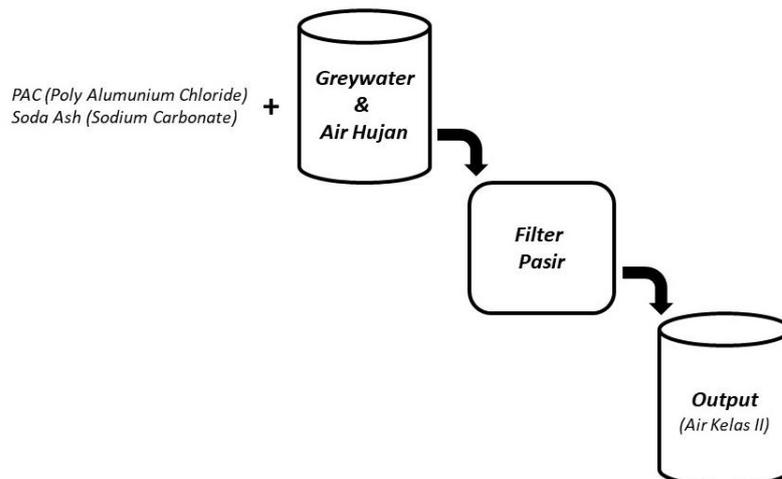
Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Limbah *greywater* diperoleh dari saluran drainase Kelurahan Gunung Elai, Kecamatan Bontang Utara (Gambar 1). Investigasi kualitas air dilakukan dengan patokan parameter pH dan kekeruhan (NTU), dengan menjadikan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas II sebagai baku mutu [8]. Adapun secara ringkas, kadar pH yang menjadi target hasil pengolahan adalah pada *range* 6-9, sedangkan untuk kekeruhan adalah kurang dari atau sama dengan 5 NTU. Model/konsep instalasi *treatment* limbah *greywater* bisa dilihat pada Gambar 2. Model yang diusung dalam penelitian ini memiliki kemampuan untuk mengolah limbah *greywater* dengan kapasitas debit 5 liter/detik. Untuk tahap pengolahan, terlebih dahulu *greywater* diberi PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan soda

ash (*Sodium Chloride*) sebagai agen kimia untuk penetralisir pH. Percobaan variasi pemberian PAC dan soda ash (gram) dilakukan untuk memperoleh kadar pH terbaik; 10 gram, 20 gram, 30 gram, dan 40 gram.

Tahap penyempurnaan pengolahan limbah *greywater* selanjutnya adalah dengan mengadopsi teknologi sederhana; filtrasi tunggal. Tekni ini diimplementasikan dengan memanfaatkan media alami berupa pasir yang dikonsepsi dalam tiga perlakuan ketebalan dalam pengisiannya di tabung filter; 0 cm (kontrol), 10 cm, dan lapisan paling tebal 20 cm. Pengukuran kadar pH dilakukan dengan pH meter merek EZ-9909 tester, sedangkan pengukuran kadar kekeruhan dilakukan dengan alat *nephelometer* atau *turbidity meter* dengan merek Lutron TU-2016. Data kualitas air dari kombinasi perlakuan tersebut selanjutnya dianalisis dengan metode deskriptif dan regresi linier dengan bantuan program statistik SPSS 25. Analisis ini diperlukan untuk menentukan hasil terbaik, yang memenuhi kriteria air baku kelas II.



**Gambar 1. Lokasi Penelitian**  
 Sumber grafis: maps.google.com (2023)



**Gambar 1. Skema pengolahan limbah *greywater***

### 3. HASIL PENELITIAN

#### 3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui gambaran peningkatan kualitas air berdasarkan dua parameter tersebut. Sebelum dilakukan pengolahan, limbah *greywater* terlebih dahulu diukur kadar pH dan kekeruhannya, di mana kadar awal masing-masing parameter adalah 5,2 dan 12,8 NTU. pH merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air karena sangat terkait dengan proses-proses biologis dan kimia [9]. pH menyatakan intensitas atau konsentrasi konsentrasi ion hidrogen dalam air, yang pada prinsipnya dapat mengontrol keseimbangan proporsi kandungan antara karbon dioksida, karbonat dan bikarbonat [10]. Di sisi lain, kekeruhan merefleksikan tingkat kejernihan air. Jika padatan tersuspensi di dalamnya tinggi, maka kekeruhannya akan tinggi, begitu pula berlaku sebaliknya. Parameter ini menjadi tolok ukur visual apakah air layak digunakan atau tidak [11].

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 telah memaparkan bahwa kadar pH untuk air peruntukan irigasi dan perikanan (kelas 2) jika ditinjau dari faktor pH, paling tidak berada pada *range* 6 sampai 9. Sementara itu, dijelaskan lebih lanjut bahwa kadar kekeruhan sebisa mungkin tidak lebih dari 5 NTU [8]. Adapun untuk hasil eksperimen ini, data uji kadar pH dan kekeruhan bisa dilihat di Tabel 1. Lebih lanjut lagi, dinamika pH dan kekeruhan sepanjang tahap *treatment* bisa diketahui dari visualisasi Gambar 3 dan 4.

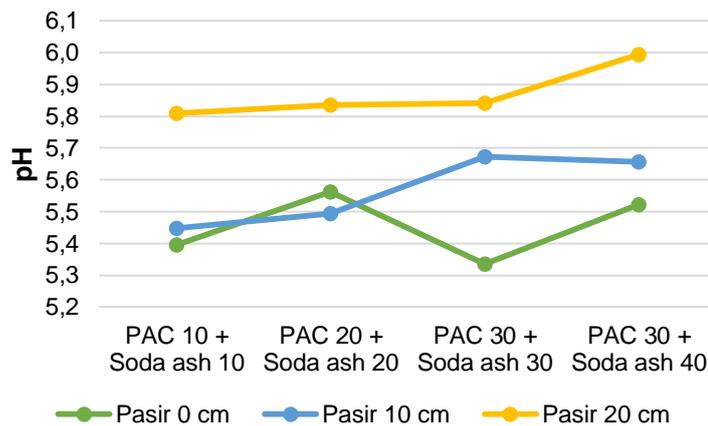
**Tabel 1. Hasil pengukuran pH dan kekeruhan air pada tiap perlakuan**

Debit Air (liter/menit)	Perlakuan Ketebalan Filter Pasir (cm)	Perlakuan Netralisir pH	pH	NTU
1	0	PAC 10 gram + Soda ash 10 gram	5.4	10.2
		PAC 20 gram + Soda ash 20 gram	5.6	10.2
		PAC 30 gram + Soda ash 30 gram	5.3	8.6
		PAC 30 gram + Soda ash 40 gram	5.5	5.1
1.5	10	PAC 10 gram + Soda ash 10 gram	5.4	7.2
		PAC 20 gram + Soda ash 20 gram	5.5	7.6
		PAC 30 gram + Soda ash 30 gram	5.7	6.9
		PAC 30 gram + Soda ash 40 gram	5.7	3.8
2	20	PAC 10 gram + Soda ash 10 gram	5.8	7.0
		PAC 20 gram + Soda ash 20 gram	5.8	7.0
		PAC 30 gram + Soda ash 30 gram	5.8	5.9
		PAC 30 gram + Soda ash 40 gram	6.0	2.8

Sumber: Data penelitian (2023)

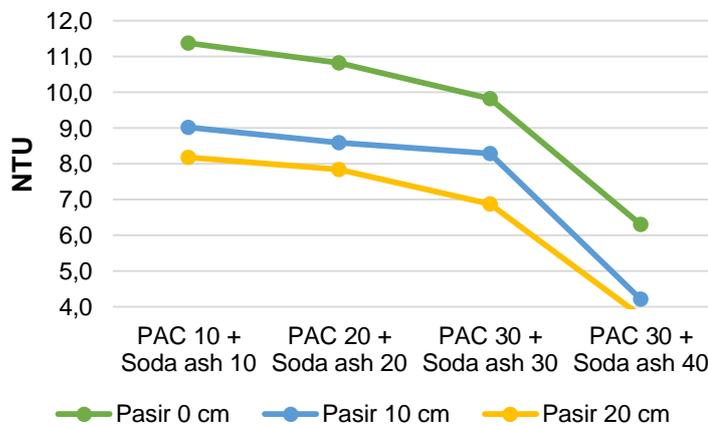
pH dinyatakan sebagai salah satu parameter paling mendasar yang baku mutunya harus terpenuhi. Tabel 1 dan Gambar 3 sama-sama memperlihatkan gambaran bahwa kadar pH *greywater* sebelumnya cenderung mendekati asam, dan seiring tahap pengolahan meningkat hingga pada level netral; dalam *range* baku mutu regulasi pemerintah. Perlakuan yang menjadi alasan netralnya pH ini adalah penggunaan PAC dan soda ash, sebagaimana penjelasan teori-teori yang berkembang [12, 13]. Adapun kadar pH terbaik adalah yang termasuk dalam kisaran ambang batas pH untuk air kelas II (6-9), yakni

dijumpai pada perlakuan ketebalan pasir 20 cm dengan pemberian PAC 30 grams dan soda ash 40 grams. Kadar pH paling optimal yang diperoleh adalah 6, dan telah berada pada kisaran baku mutu air kelas II menurut “Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001” [8]. Ketebalan pasir 20 cm pada pada proses filtrasi padatan tersuspensi juga lebih optimal dalam menyaring polutan-polutan dalam bentuk padatan tersuspensi, sehingga turut berkontribusi dalam peningkatan kadar pH.



**Gambar 3. Kadar pH air pada tiap perlakuan**

Sumber: Data penelitian (2023)



**Gambar 4. Kadar kekeruhan air pada tiap perlakuan**

Sumber: Data penelitian (2023)

Temuan berikutnya yang perlu dijelaskan adalah terkait penurunan signifikan kadar kekeruhan, yang secara instan dapat dilihat melalui sajian data di Tabel 1, atau visualisasi grafik di Gambar 4. Jika berbicara parameter kekeruhan, maka korelasinya adalah dengan perlakuan filtrasi pasir. Secara teori, pasir memiliki potensi yang sangat baik dalam menjernihkan air [14, 15]. Kontaminasi padatan tersuspensi yang berhasil disaring menjadikan air berubah secara berangsur menjadi jernih [16]. Jika digunakan untuk keperluan perikanan, maka air ini sudah bisa mendukung penetrasi sinar matahari untuk kebutuhan fotosintesis fitoplankton. Berdasarkan hasil pengolahan, limbah *greywater* telah

berubah menjadi air kelas II dengan tingkat kekeruhan hanya mencapai 2,8 NTU. Nilai ini secara nyata telah mencapai, dan bahkan melebihi, ketentuan bawah ambang batas kekeruhan (5 NTU) menurut regulasi pemerintah Republik Indonesia [8].

### 3.2 Analisis Regresi

Analisis regresi dalam studi ini dibutuhkan untuk menguji signifikansi model pengolahan limbah *greywater* terhadap peningkatan kualitas air. Data yang dipergunakan untuk analisis tidak lain adalah data pH dan kekeruhan (NTU). Pengambilan keputusan didasarkan pada taraf nyata ( $\alpha$ ) 0,05, di mana temuan dinyatakan signifikan jika *p-value* lebih kecil dari 0,05. Pada bagian ini, regresi treatment terhadap kadar pH bisa dilihat pada Tabel 2, sedangkan untuk regresi terhadap parameter NTU tersaji pada Tabel 3. Selanjutnya, grafik regresi menggambarkan hubungan antara perlakuan; pemberian PAC dan soda ash, serta variasi ketebalan pasir, terhadap kualitas air yang diolah; pH dan kekeruhan.

**Tabel 2. Ringkasan hasil analisis regresi pada data pH**

Variabel	Koef.	Sig.	Persamaan	R <sup>2</sup>
Konstanta	C	5.316	0.000	
Ketebalan pasir	X1	0.021	0.000	Y = 5.316 + 0.021 X1 + 0.005 X2 + e
PAC + Soda ash	X2	0.005	0.018	
pH	Y			55.9%

Sumber: Data penelitian (2023)

**Tabel 3. Ringkasan hasil analisis regresi pada data kekeruhan (NTU)**

Variabel	Koef.	Sig.	Persamaan	R <sup>2</sup>
Konstanta	C	11.738	0.000	
Ketebalan pasir	X1	-0.144	0.000	Y = 11.738 - 0.144 X1 - 0.138 X2 + e
PAC + Soda ash	X2	-0.138	0.000	
Kekeruhan	Y			72.5%

Sumber: Data penelitian (2023)

Tabel 3 memperlihatkan bahwa secara keseluruhan perlakuan yang diaplikasikan berpengaruh signifikan dalam menstabilkan kadar pH, yakni dilihat dari nilai signifikansi yang lebih kecil dari atau kurang dari taraf nyata ( $\alpha$ ) 0,05. Selain itu, terlihat adanya hubungan linier dengan arah positif, di mana penambahan kadar PAC dan soda ash mampu menaikkan kadar pH yang awalnya cenderung rendah (asam). Temuan tersebut terlihat dari koefisien yang bertanda positif. Adapun besar pengaruh pemberian PAC dan soda ash, serta perlakuan filtrasi dengan pasir terhadap kadar pH adalah sebesar 55,9%. Laporan studi terdahulu Bacin dan Nuzila [13] memaparkan temuan serupa, di mana PAC dan pemanfaatan soda ash sangat bagus dan direkomendasikan untuk menstabilkan pH dan menjernihkan air. Selanjutnya, Amri dan Pasaribu [12] juga sebelumnya telah berhasil dalam meningkatkan kualitas air baku untuk PDAM Tirtanadi Martubung Medan melalui penggunaan bahan kimia serupa. Adapun dalam penelitian ini, tahap tersebut dirasa belum

maksimal, sehingga sangat memerlukan treatment lanjutan dengan pendekatan filtrasi, terlebih material filter cukup mudah diperoleh dengan harga yang murah.

Secara keseluruhan, tabel 4 menjelaskan temuan bahwa perlakuan pemberian PAC dan soda ash, maupun perlakuan variasi ketebalan filter pasir, terbukti berpengaruh signifikan terhadap penurunan kekeruhan air limbah *greywater* yang diolah ( $p\text{-value} < \alpha 0,05$ ). Hal ini khususnya lebih terkait dengan perlakuan filter pasir. Semakin tebal lapisan filter pasir yang diaplikasikan, maka kadar kekeruhan akan semakin berhasil diturunkan. Secara teoritis, ketebalan lapisan filter berasosiasi dengan efektivitas penyaringan padatan tersuspensi, di mana secara statistik dijelaskan berbanding terbalik. Artinya, semakin tebal lapisan filter, maka proses penyaringan akan lebih sempurna. Adapun perlakuan yang diterapkan memiliki besar pengaruh 72,5% terhadap penurunan tingkat kekeruhan air. Teknik filtrasi secara nyata terbukti efektif menyaring partikel tersuspensi yang mencemari *greywater*, sebagaimana penjelasan teori dan studi terdahulu. Wulandari *et al.* [17] terlebih dahulu melaporkan penggunaan media filter pasir untuk mengolah *blackwater*. Hasilnya, dilaporkan bahwa pasir efektif menyaring partikel-partikel yang bertanggung jawab terhadap kekeruhan air limbah. Dijelaskan bahwa pasir tidak hanya memiliki potensi menyaring polutan yang baik, namun juga mudah diperoleh dengan biaya yang relatif murah. Coenraad *et al.* [14] dan Artidarma *et al.* [15] juga melaporkan hasil penelitian yang mendukung studi ini. Secara lugas, bisa digarisbawahi bahwa pengolahan air limbah *greywater* dalam studi ini telah berhasil untuk mendukung kebutuhan air kelas II di Bontang, Kalimantan Timur.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasil dihasilkan dari studi ini adalah, bahwa penggunaan PAC dan *soda ash* terbukti mampu meningkatkan kualitas air baku untuk *supply* kebutuhan air di Bontang, Kalimantan Timur. Hal ini terlebih didukung dengan implementasi pendekatan filtrasi, yang juga secara efektif mampu menyaring padatan tersuspensi yang menyebabkan kontaminasi limbah *greywater*. Peningkatan kualitas air berdasarkan dua parameter tersebut menjadikan limbah *greywater* berubah menjadi air bersih kelas II. Berdasarkan hasil eksperimen, maka penggunaan PAC dan soda ash yang disarankan masing-masing adalah 30 gram dan 40 gram. Selanjutnya, ketebalan lapisan filter pasir yang disarankan adalah 20 cm. Perolehan kadar pH terbaik adalah 6, serta penurunan tingkat kekeruhan paling optimal mencapai 2.8 NTU. Penelitian ini tentu dapat dikembangkan kembali hingga mencapai kadar pH 7 dan tingkat kekeruhan yang lebih rendah lagi (air kelas I). Untuk itu, peneliti selanjutnya dapat menerapkan teknik filter kombinasi berbagai media, dengan perlakuan berbagai ketebalan. Pengamatan juga dapat dilakukan pada parameter kualitas air yang lebih lengkap sehingga memperoleh hasil pengukuran yang representatif terhadap kualitas air output yang sebenarnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amri, Khairul, & Pasaribu, A. (2019). Pengaruh Penambahan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan Soda ASH Terhadap Ph, Turbiditas dan TDS (*Total Dissolved Solids*)

- pada Air Baku PDAM Tirtanadi Martubung Medan. *Tesis; Universitas Sumatera Utara*, 1-110. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/12104>
- [2] Arifin, Moch.Hikmat Ramadhan. (2021). Analisis Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Alternatif Penyediaan Air Sanitasi Dan Pertamanan Pada Kompleks Gedung Pemerintahan Kota Bandung. *Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021*.
- [3] Artidarma, B. Saptanty, Fitria, L., & Sutrisno, H. (2021). Pengolahan Air Bersih dengan Saringan Pasir Lambat Menggunakan Pasir Pantai dan Pasir Kuarsa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 9(2): 71-81.
- [4] Badan Pusat Statistik Kota Bontang (2022). Statistik Air Bersih Kalimantan Timur. <https://bontangkota.bps.go.id/>
- [5] Bacin, Jasniar Br, & Nuzila, C. (2020). Pengaruh Penambahan  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $Na_2CO_3$  Terhadap Turbiditas dan pH Air Baku Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih. *AMINA Jurnal Universitas Islam Negeri Ar-Rainiry*, 1(3): 139-147.
- [6] Coenraad, R., Wiratno, & Karelius. (2019). Perancangan Filter Penjernih Air Sungai Kahayan Berbasis Pasir Silika dan Lempung Alam Asal Kalimantan Tengah. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(2): 70-76. DOI:<https://doi.org/10.36873/jjms.v1i2.213>
- [7] Fathar, Imam Rozali. (2022). Pemanfaatan Ozon sebagai Teknologi Berkelanjutan Daur Ulang Air Limbah Domestik Hotel X Lembang. *Insologi: Jurnal Sains dan Teknologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka*, 1(3): 8-14.
- [8] Haandel, V. Adrianus, & Lubbe, V. der Jeroen. (2012). *Handbook of Biological Wastewater Treatment*. London: IWA Publishing.
- [9] Hasrianti, & Nurasia. (2017). Analisis Warna, Suhu, pH, dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*, 02(01): 747-753.
- [10] Khotimah, S. Nurul. (2021). Karakterisasi Limbah Cair Greywater pada level Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Emisi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lampung*, 1(4): 27-35.
- [11] Munirah, S. Nur, Faradiella, M.K., & Ashton, L.S. Lee, Tony A. Ukang, Ferdaus, M.Y., & Zelina, Z.I. (2016). Performance of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Phytoremediation of Contaminated Water. *Matec Web of Conferences*, 103, 06003. DOI: 10.1051/mateconf/201710306003
- [12] Pemerintah Republik Indonesia (2001). *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.
- [13] Rachmansyah, F., Utomo, S.B., & Sumardi. (2014). Perancangan dan Penerapan Alat Ukur Keekeruhan Air Menggunakan Metode Nefelometrik pada Instalasi Pengolahan Air dengan Multi Media Card (MMC) Sebagai Media Penyimpanan (Studi Kasus di PDAM Jember). *Berkala Sainstek*, 2(1): 17-21.

- [14] Said, Nusa I. (2017). Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi. Jakarta: Erlangga.
- [15] Sungkowo, T.H., Shinta, E., & Ivaini, A. (2015). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dan Enceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi. *JOM Fteknik*, Vol 2, No 2.
- [16] Wulandari, Lies Kurniawati. (2019). Model Fisik Pengolahan Limbah Blackwater Pada Septictank Komunal Volume 1. Malang: Dream Litera Buana.
- [17] Wulandari, Lies Kurniawati. (2019). Rancangan dan Hasil Model Fisik Blackwater pada Septictank Komunal Standar Air Pertanian. Volume 2. Malang: Dream Litera Buana.