

# SKALA MODEL PENGOLAHAN LIMBAH GREYWATER DAN AIR HUJAN MEMENUHI SYARAT KUALITAS AIR BERSIH GUNA PENANGANAN KRISIS AIR BERSIH DI KOTA BONTANG

Lies Kurniawati Wulandari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

Email : lieskurniawatiw@lecturer.itn.ac.id

## ABSTRAK

WHO menggarisbawahi pentingnya; pengelolaan kotoran manusia (tinja dan urin) secara aman, dan dibuang secara aman. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dibutuhkan upaya yang menyeluruh dan berkelanjutan agar air limbah domestik dapat dibuang secara aman atau dilakukan daur ulang sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Berdasarkan permasalahan tersebut sehingga akan dilakukan kajian terkait alternatif secara berkelanjutan dalam upaya pemenuhan krisis air bersih Kota Bontang dengan pemanfaatan potensi air limbah domestik sisa buangan rumah tangga (*grey water*) dan air hujan yang cukup tinggi menjadi air bersih. Penelitian ini mengaplikasikan metode bahan kimia yang kemudian dilanjutkan dengan filter betingkat yang terdiri dari material pasir. Variabel penelitian yang diamati adalah variasi bahan kimia ( $X_1$ ), debit air limbah ( $X_2$ ), variasi ketebalan pasir ( $X_3$ ), serta parameter kualitas air (Y) yang terdiri dari pH, dan NTU. Metode analisis data yang digunakan adalah Regresi Linier dengan bantuan program SPSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan model fisik yang terdiri dari bahan kimia dan filter bertingkat mampu meningkatkan kualitas air limbah *greywater*, dimana *output* yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas air kelas II (air bersih). Persamaan regresi yang diperoleh pada perlakuan penelitian ini adalah : pH *greywater* (Y) =  $5.316 + 0.021 X_1 + 0.005 X_2 + e$  ( $X_1$  ketebalan pasir,  $X_2$  alum+soda ash) dan NTU *Greywater* (Y) =  $11.738 - 0.144 X_1 - 0.138 X_2 + e$  ( $X_1$  ketebalan pasir,  $X_2$  alum+soda ash). Dengan demikian, maka secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penggunaan model fisik pengolahan limbah yang diterapkan mampu mereduksi polutan yang terkandung dalam limbah *greywater*.

Kata kunci: *Greywater*, Bahan kimia, Filter bertingkat

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan air bersih berbanding lurus dengan peningkatan populasi penduduk, khususnya di wilayah perkotaan. Salah satu penggunaan air bersih yang paling utama dan paling besar adalah untuk kebutuhan domestik/rumah tangga. 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 (Haandel *et al.*, 2012). Sekitar 60-85% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Wulandari, 2019). Bagian dari *greywater* itu sendiri adalah sekitar 75% dari total volume limbah domestik. Hal ini menunjukkan pemanfaatan limbah *greywater* memiliki potensi yang cukup tinggi (Sungkowo *et al.*, 2015). Hampir di seluruh wilayah di Indonesia, *greywater* masuk ke badan sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, sehingga menyebabkan kontaminasi air (Khotimah *et al.*, 2021). Limbah *greywater* yang umumnya langsung dibuang ke saluran drainase tersebut umumnya membawa kandungan unsur nitrogen, fosfat dan potasium. Unsur-unsur tersebut merupakan nutrisi bagi tumbuhan, sehingga jika *greywater* dibuang begitu saja ke badan air, maka dapat menyebabkan eutrofikasi (Wulandari, 2019). Pengolahan limbah cair menjadi sebuah keharusan karena dapat menimbulkan dampak secara luas (Fathar *et al.*, 2022).

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*). Dengan kata lain, pengolahan limbah *greywater* harus mencapai titik di mana *output* memenuhi standar kualitas air bersih. Sejauh ini, pemanfaatan kembali masih terbatas untuk *flush* toilet, irigasi tanaman, dan mencuci kendaraan. Namun demikian, penggunaan kembali

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 (2021) 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. Kebutuhan air bersih di Kota Bontang adalah 632,10 liter/detik, yakni untuk memenuhi kebutuhan penduduk dengan jumlah 185.251 jiwa (BPS, 2022). 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. Jumlah air yang produksi saat ini adalah 414,38 liter/detik dari 22 unit sumur, sehingga total defisit kebutuhan air adalah 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. Tingginya biaya transportasi ke kepulauan mengakibatkan sekitar 500 kepala keluarga (KK) di empat kampung yang berada di kepulauan perairan Bontang menjadi tantangan tersendiri yang turut menyebabkan kesulitan akses 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. Masyarakat di kampung-kampung tersebut selama ini membeli air ke pelanggan PDAM di wilayah pesisir dengan harga Rp 4.000 - Rp 5.000 per kubik. 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. Gagasan ini tentu saja tidak hanya dapat diterapkan di Kota Bontang saja, namun juga di wilayah lain yang memiliki keterbatasan sumber daya air bersih. Pengamatan dilakukan berdasarkan parameter pH dan kekeruhan (NTU).

## 2. KAJIAN TEORI

Pengelolaan air limbah *greywater* dan pemanfaatan air hujan sebagai sumber alternatif air bersih telah menjadi perhatian global dalam menjawab tantangan keterbatasan sumber daya air. *Greywater* didefinisikan sebagai air limbah domestik yang tidak berasal dari toilet, melainkan dari dapur, kamar mandi, dan laundry, yang mengandung residu organik, minyak, deterjen, dan zat kimia rumah tangga lainnya (Haandel & Lubbe, 2012). Meskipun tidak sebersih air baku, *greywater* memiliki potensi besar untuk diolah kembali karena kandungan patogen yang relatif lebih rendah dibandingkan *blackwater*. Pengolahan *greywater* yang efektif bertujuan untuk menurunkan kadar padatan tersuspensi, senyawa organik, serta parameter kualitas seperti pH dan kekeruhan agar memenuhi baku mutu air kelas II sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

Proses netralisasi pH pada *greywater* umumnya dilakukan dengan penambahan bahan kimia seperti Poly Aluminium Chloride (PAC) dan soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), yang mampu meningkatkan alkalinitas serta mempercepat proses koagulasi dan flokulasi partikel tersuspensi (Bacin & Nuzila, 2020; Amri & Pasaribu, 2019). Selanjutnya, tahapan filtrasi menggunakan media pasir merupakan teknik penyaringan fisik yang efektif dan ekonomis dalam mengurangi tingkat kekeruhan, dengan mekanisme pengendapan, penyaringan, dan penjerapan (Artidarma et al., 2021; Coenraad et al., 2019). Filtrasi pasir juga terbukti menurunkan beban organik dan mikrobiologis pada air limbah, serta dapat ditingkatkan efektivitasnya dengan variasi ketebalan dan waktu kontak.

Selain *greywater*, air hujan juga telah direkomendasikan sebagai sumber air alternatif terutama di daerah perkotaan yang memiliki keterbatasan sumber air tanah. Air hujan umumnya bebas dari kontaminan kimia berat namun tetap memerlukan penyaringan awal untuk menghilangkan partikel debu dan kontaminan dari atap atau permukaan tangkapan (Arifin, 2021). Pemanfaatan kombinasi antara *greywater* dan air hujan dalam sistem terintegrasi memberikan keuntungan ganda: mengurangi limbah yang masuk ke lingkungan serta menambah cadangan air bersih. Dalam konteks ini, pengolahan terdesentralisasi dengan teknologi sederhana seperti koagulasi dan filtrasi berlapis menjadi solusi praktis dan aplikatif, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur air.

Pengelolaan limbah *greywater* tidak hanya bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, namun juga sebagai bentuk konservasi air yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Dalam konteks global, Sustainable Development Goals (SDGs) poin 6 mengamanatkan akses air bersih dan sanitasi bagi semua, di mana pengolahan dan pemanfaatan kembali limbah domestik menjadi bagian penting dari strategi pengelolaan air terpadu. WHO (2020) juga menekankan pentingnya sistem sanitasi aman yang mencakup daur ulang air limbah dan pemanfaatan sumber alternatif seperti air hujan dalam mendukung ketahanan air.

Secara teknis, proses koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dan soda ash bekerja dengan prinsip netralisasi muatan partikel koloid agar dapat bergabung menjadi flok besar yang mudah mengendap. PAC sebagai koagulan menghasilkan aluminium hidroksida yang mampu menangkap partikel halus, sedangkan soda ash meningkatkan pH

dan mendukung proses koagulasi optimal. Efektivitas kombinasi kedua bahan ini dalam pengolahan air limbah telah dibuktikan pada berbagai penelitian sebelumnya (Amri & Pasaribu, 2019; Bacin & Nuzila, 2020), dan menjadi metode yang disukai karena kemampuannya memperbaiki kualitas fisik dan kimia air secara bersamaan.

Media pasir sebagai bahan filter telah digunakan secara luas dalam sistem pengolahan air bersih skala rumah tangga maupun skala komunal. Filtrasi pasir lambat (slow sand filtration) mengandalkan proses biologis dan fisik untuk mengurangi kekeruhan, logam berat, mikroorganisme, dan zat pencemar organik. Selain menjadi media fisik, permukaan pasir juga mendukung pembentukan biofilm yang turut membantu proses penguraian kontaminan organik (Said, 2017). Variasi ketebalan pasir menentukan kapasitas retensi partikel dan waktu tinggal air, di mana lapisan yang lebih tebal memberikan efisiensi penyaringan yang lebih tinggi. Penelitian Artidarma et al. (2021) menunjukkan bahwa kombinasi pasir pantai dan pasir kuarsa mampu menurunkan kekeruhan air secara signifikan hingga mencapai standar air bersih.

Air hujan, sebagai sumber alternatif, memiliki keunggulan bebas dari kontaminan antropogenik seperti limbah domestik dan industri. Meskipun demikian, air hujan rentan terhadap pencemaran awal (first flush) dari permukaan penampungan seperti atap dan selokan. Oleh karena itu, diperlukan tahap awal seperti sedimentasi dan filtrasi sebelum air hujan dapat dimanfaatkan. Studi Arifin (2021) menunjukkan bahwa air hujan yang difiltrasi dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan rumah tangga, termasuk menyiram tanaman, mencuci, hingga sanitasi.

Kombinasi greywater dan air hujan sebagai sumber air alternatif telah diteliti di berbagai negara sebagai upaya menghadapi krisis air bersih akibat perubahan iklim dan pertumbuhan penduduk yang pesat. Dalam implementasinya, sistem daur ulang air ini dapat mengurangi tekanan terhadap sumber air baku, menekan biaya operasional PDAM, serta memberikan solusi adaptif bagi masyarakat pinggiran kota dan wilayah kepulauan. Pemanfaatan model skala kecil seperti yang dilakukan dalam penelitian ini mendukung konsep teknologi tepat guna yang dapat diaplikasikan langsung oleh masyarakat dengan biaya rendah, keterampilan teknis minimal, dan hasil yang signifikan.

Di sisi lain, standar kualitas air kelas II yang dijadikan acuan dalam penelitian ini memiliki batasan ketat terhadap parameter fisika dan kimia seperti pH (6–9) dan kekeruhan (maksimal 5 NTU). Oleh karena itu, sistem pengolahan limbah harus mampu menghasilkan output yang konsisten di bawah ambang batas tersebut. Penggunaan analisis regresi dalam mengevaluasi pengaruh parameter perlakuan (ketebalan pasir, dosis bahan kimia) terhadap kualitas air memberikan pendekatan statistik kuantitatif yang penting dalam memastikan efektivitas dan replikasi hasil.

Dengan dasar teori tersebut, pendekatan dalam penelitian ini tidak hanya bersifat aplikatif tetapi juga memenuhi kriteria ilmiah dan kebijakan lingkungan nasional. Model ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem modular yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan wilayah urban dan rural secara luas.

### **Greywater sebagai potensi sumber air alternatif**

Greywater adalah limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti mandi, mencuci, dan memasak, tidak termasuk limbah toilet. Menurut Haandel & Lubbe (2012), greywater mencakup sekitar 60–85% dari total air limbah domestik dan memiliki potensi besar untuk didaur ulang karena kadar patogennya relatif lebih rendah dibandingkan blackwater. Jika tidak diolah, greywater dapat mencemari badan air dan menimbulkan eutrofikasi akibat kandungan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor (Wulandari, 2019; Khotimah, 2021). Oleh karena itu, pengolahan greywater menjadi langkah penting dalam konservasi air, terutama di daerah yang mengalami defisit air bersih.

### **Teknologi pengolahan: koagulasi dan flokulasi**

Koagulasi dan flokulasi merupakan teknik kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah. Bahan kimia seperti Poly Aluminium Chloride (PAC) digunakan untuk memecah partikel tersuspensi halus agar menggumpal dan mudah diendapkan, sedangkan soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) digunakan untuk menyesuaikan pH agar mendekati netral (Amri & Pasaribu, 2019; Bacin & Nuzila, 2020). Kombinasi kedua bahan ini efektif dalam memperbaiki parameter kualitas air seperti pH dan kekeruhan, serta banyak diaplikasikan dalam instalasi pengolahan air bersih. Proses ini juga mempermudah tahap filtrasi berikutnya karena partikel telah mengalami proses pengendapan awal.

### **Filtrasi pasir sebagai media penjernih air**

Filtrasi merupakan metode fisik untuk mengurangi partikel tersuspensi, warna, bau, dan mikroorganisme dalam air limbah. Media pasir banyak digunakan karena murah, mudah didapat, dan efektif dalam menyaring polutan. Penelitian Coenraad et al. (2019) dan Artidarma et al. (2021) menunjukkan bahwa pasir kuarsa dan pasir pantai memiliki efisiensi tinggi dalam menurunkan kekeruhan air hingga mencapai standar air bersih. Ketebalan media filtrasi juga menjadi faktor penting; semakin tebal lapisan pasir, maka semakin efektif penyaringan terhadap padatan halus dan koloid (Said, 2017). Proses filtrasi lambat bahkan mendukung terbentuknya biofilm yang mampu mendekomposisi senyawa organik.

### **Pemanfaatan air hujan sebagai sumber air tambahan**

Air hujan merupakan sumber air bebas biaya yang berpotensi tinggi dalam menambah pasokan air bersih. Meskipun relatif bersih, air hujan tetap perlu disaring dari kontaminan awal (first flush) seperti debu dan kotoran atap. Studi Arifin (2021) mengungkapkan bahwa air hujan yang difiltrasi dapat digunakan untuk sanitasi, irigasi, dan kebutuhan non-konsumsi lainnya. Kombinasi air hujan dengan greywater memperluas kapasitas pemenuhan air bersih terutama di wilayah perkotaan atau kepulauan yang kesulitan akses jaringan PDAM.

### **Standar kualitas air dan efektivitas pengolahan**

Standar baku mutu air di Indonesia mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, yang menyebutkan bahwa air kelas II harus memiliki pH antara 6–9 dan kekeruhan maksimum 5 NTU. Untuk memenuhi standar ini, sistem pengolahan limbah harus didesain dengan pendekatan ilmiah dan terukur. Penggunaan regresi linier dalam analisis data pengolahan air memungkinkan evaluasi hubungan antara variabel perlakuan (seperti dosis bahan kimia dan ketebalan filter) dengan output kualitas air. Hal ini sejalan dengan pendekatan kuantitatif dalam rekayasa lingkungan dan memungkinkan replikasi sistem di lokasi lain dengan parameter yang disesuaikan (Munirah et al., 2016; Rachmansyah et al., 2014).

### **Teknologi tepat guna dan pembangunan berkelanjutan**

Model pengolahan skala kecil yang menggunakan kombinasi bahan kimia dan filter pasir merupakan teknologi tepat guna yang dapat diadopsi oleh masyarakat. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan pemenuhan SDGs poin 6, yaitu akses universal terhadap air bersih dan sanitasi. WHO (2020) juga mendorong inovasi pengolahan air limbah skala rumah tangga sebagai respons atas krisis air yang memburuk akibat perubahan iklim dan pertumbuhan populasi. Sistem ini dapat menjadi solusi efisien di daerah kepulauan dan pinggiran kota yang kesulitan akses air bersih.

### **Integrasi pengolahan greywater dan air hujan dalam sistem hybrid**

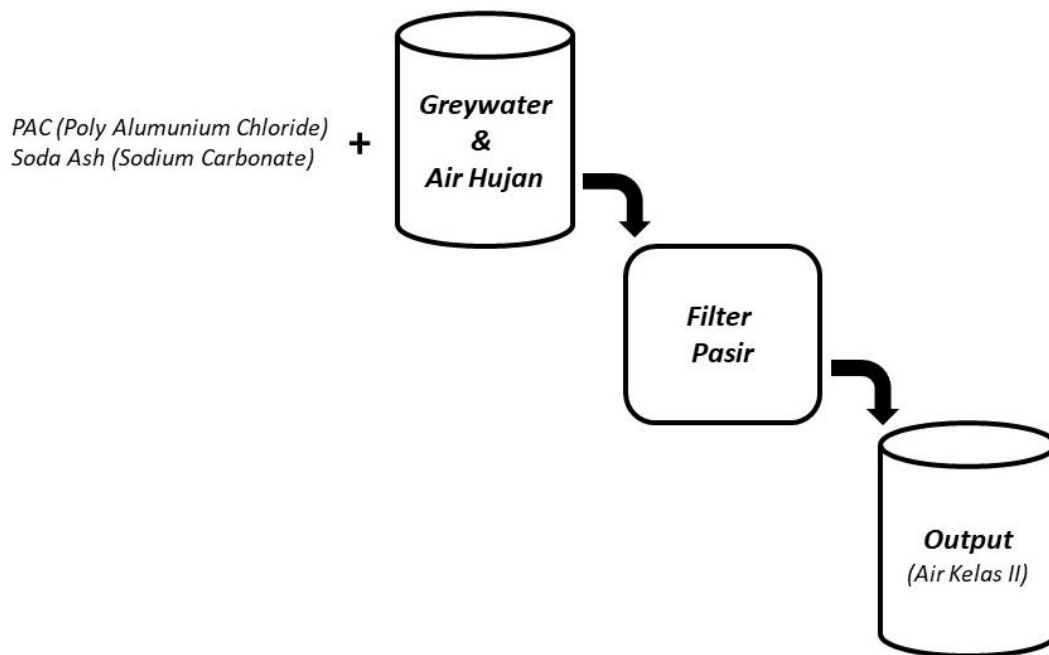
Penggabungan pengolahan greywater dan pemanenan air hujan dalam satu sistem hybrid dinilai sebagai strategi adaptif terhadap krisis air bersih di berbagai wilayah, khususnya di daerah dengan ketersediaan air tanah yang terbatas. Sistem hybrid ini mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan air, menurunkan ketergantungan terhadap sumber air permukaan, dan mengurangi beban infrastruktur sanitasi kota. Beberapa studi menunjukkan bahwa integrasi ini tidak hanya menghemat air, tetapi juga energi dan biaya operasional secara jangka panjang (Fathar, 2022). Selain itu, model integratif semacam ini memungkinkan fleksibilitas dalam desain skala rumah tangga maupun komunal dengan prinsip modular, di mana sistem dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas masyarakat lokal.

### **Relevansi teknologi pengolahan air skala kecil di kawasan kepulauan**

Wilayah kepulauan seringkali menghadapi tantangan serius dalam akses air bersih akibat keterbatasan infrastruktur, biaya distribusi, dan kualitas air tanah yang buruk. Oleh karena itu, pendekatan pengolahan air skala kecil yang mandiri sangat relevan diterapkan di kawasan tersebut. Sistem pengolahan berbasis filtrasi dan koagulasi menjadi solusi praktis karena tidak memerlukan peralatan kompleks, dapat dibuat dari bahan lokal, dan mudah dioperasikan oleh masyarakat. Studi Said (2017) menyatakan bahwa sistem pengolahan sederhana dengan kombinasi bahan kimia dan filter pasir dapat menurunkan beban pencemar hingga lebih dari 70% pada berbagai parameter kualitas air. Model seperti ini juga meningkatkan ketahanan masyarakat dalam menghadapi musim kemarau panjang, ketika pasokan air dari daratan atau PDAM terganggu. Oleh karena itu, teknologi pengolahan sederhana yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi tinggi untuk direplikasi di berbagai pulau kecil yang tersebar di Indonesia.

## **3. METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Limbah greywater diperoleh dari saluran drainase Kelurahan Gunung Elai, Kecamatan Bontang Utara. Pengamatan didasarkan pada parameter pH dan kekeruhan (NTU), yakni berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas II. Kadar pH yang dipersyaratkan adalah 6-9, sedangkan kadar kekeruhan maksimal adalah 5 NTU. Desain pengolahan air limbah dijelaskan melalui Gambar 1. Pertama-tama, limbah *greywater* diberi bahan kimia berupa PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan soda ash (*Sodium Chloride*) untuk membantu menetralkan kadar pH. Percobaan variasi pemberian PAC dan soda ash (gram) dilakukan untuk memperoleh kadar pH terbaik; 10 gram, 20 gram, 30 gram, dan 40 gram. Sementara itu, filtrasi dengan media pasir juga diterapkan dengan variasi ketebalan, yakni 0 cm (tanpa filtrasi pasir), 10 cm, dan 20 cm. Pengukuran kadar pH dilakukan dengan pH meter, sedangkan pengukuran kadar kekeruhan dilakukan dengan alat *nephelometer*. Data kualitas air dari kombinasi perlakuan tersebut selanjutnya dianalisis dengan metode deskriptif dan regresi linier untuk menentukan hasil terbaik, yang memenuhi kriteria air baku kelas II.



Gambar 1. Skema pengolahan limbah *greywater*  
Sumber: Data penelitian (2023)

#### 4. HASIL PENELITIAN

##### Analisis deskriptif

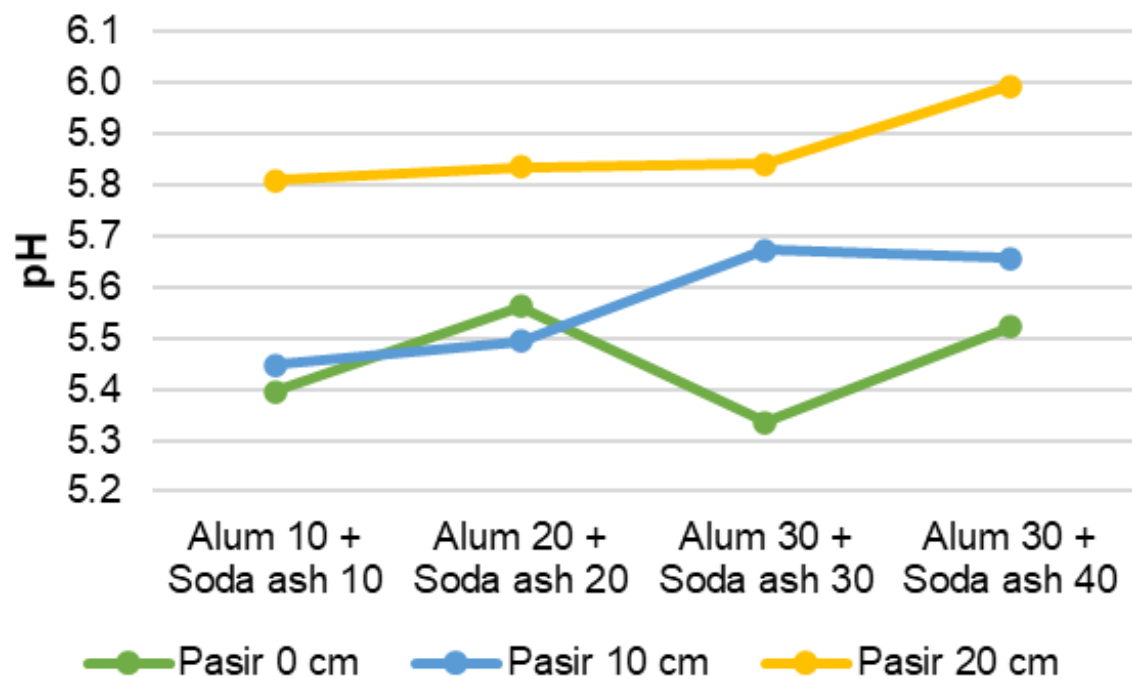
Dalam naskah ini, parameter kualitas air yang dibahas adalah pH dan kekeruhan (NTU). Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui gambaran peningkatan kualitas air berdasarkan dua parameter tersebut. Sebelum dilakukan pengolahan, limbah *greywater* terlebih dahulu diukur kadar pH dan kekeruhannya, 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 (Munirah *et al.*, 2016). pH menyatakan intensitas atau konsentrasi konsentrasi ion hidrogen dalam air, yang pada prinsipnya dapat mengontrol keseimbangan proporsi kandungan antara karbon dioksida, karbonat dan bikarbonat (Hasrianti dan Nurasia, 2017). Sementara itu, kekeruhan (*turbidity*) merepresentasikan transparansi air, di mana kadarnya berkurang seiring dengan semakin tingginya kandungan zat-zat tersuspensi (Rachmansyah *et al.*, 2014).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kadar pH yang direkomendasikan untuk air kelas II adalah 6-9, sedangkan standar baku mutu untuk tingkat kekeruhan adalah 5 NTU. Hasil pengukuran kadar pH dan kekeruhan sepanjang proses eksperimen disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya, dinamika kualitas air berdasarkan parameter pH dan kekeruhan pada tiap perlakuan relevan dijelaskan secara visual melalui Gambar 1 dan Gambar 2.

TABEL 1. Hasil pengukuran pH dan kekeruhan air pada tiap perlakuan

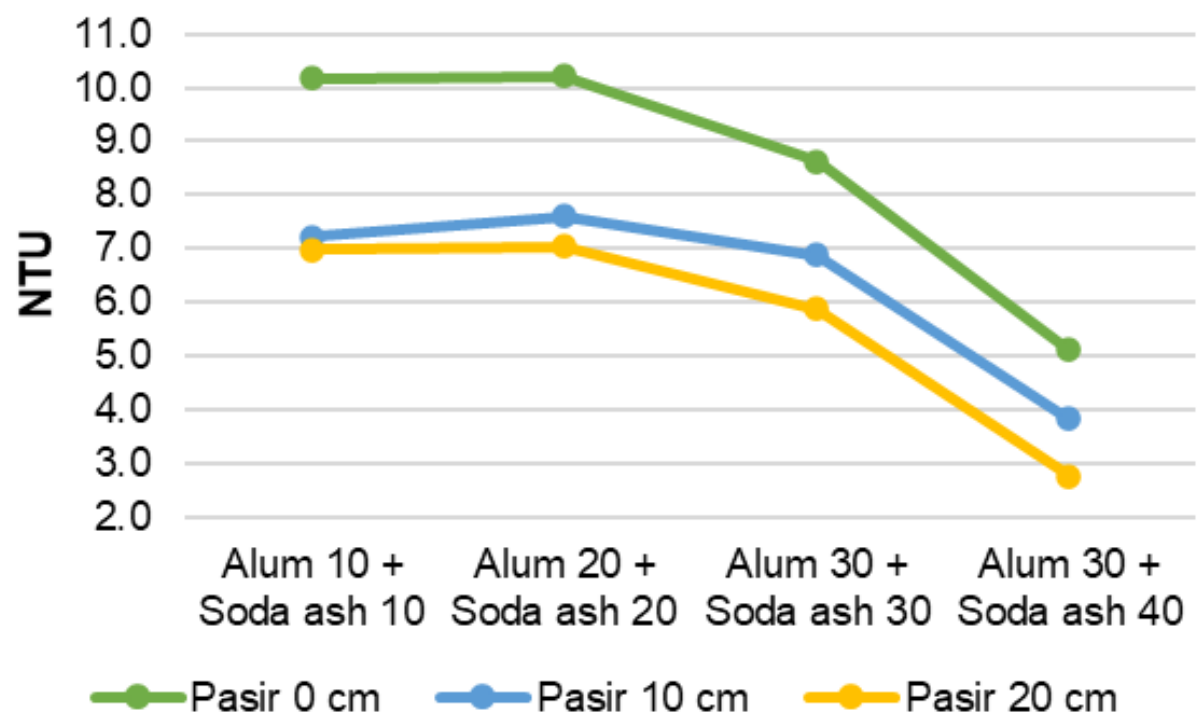
| Debit<br>(liter/menit) | Air | Perlakuan | Ketebalan<br>Filter Pasir (cm) | Perlakuan Netralisir pH        | pH  | NTU  |
|------------------------|-----|-----------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|
| 1                      | 0   |           |                                | 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)



Gambar 2. Kadar pH air pada tiap perlakuan

Sumber: Data penelitian (2023)



Gambar 3. Kadar kekeruhan air pada tiap perlakuan

Sumber: Data penelitian (2023)

Berdasarkan sajian data pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa kadar pH cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kadar PAC dan soda ash. Ini sejalan dengan teori bahwa kedua bahan kimia tersebut mampu menetralkan pH yang cenderung asam (Amri dan Pasaribu, 2018; Bacin dan Nuzila, 2020). Visualisasi peningkatan kadar pH - mendekati netral- dapat dilihat pada Gambar 1. 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 gram dan soda ash 40 gram. Kadar pH terbaik tersebut adalah 6, dan sudah memenuhi kualifikasi air kelas II menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Ketebalan pasir 20 cm pada proses filtrasi padatan tersuspensi juga lebih optimal dalam menyaring polutan-polutan dalam bentuk padatan tersuspensi, sehingga turut berkontribusi dalam peningkatan kadar pH.

Terkait parameter kekeruhan, Tabel 1 memperlihatkan bahwa nilai NTU limbah *greywater* semakin menurun sepanjang proses pengolahan. Grafik penurunan tingkat kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 2, di mana kondisi ini lebih terkait dengan proses filtrasi dengan media pasir. Secara teori, pasir memiliki potensi yang sangat baik dalam menjernihkan air (Coenraad *et al.*, 2019; Artidarma *et al.*, 2021). Padatan-padatan tersuspensi yang telah hilang dalam proses penyaringan akan menjadikan air lebih jernih (Said, 2017). Berdasarkan hasil pengolahan, limbah *greywater* telah berubah menjadi air kelas II dengan tingkat kekeruhan hanya mencapai 2,8 NTU. Nilai ini telah berada di bawah ambang batas kekeruhan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yang mensyaratkan kadar maksimal 5 NTU.

### Analisis regresi

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari perlakuan yang dilakukan terhadap kualitas air, yang dalam artikel ini dibatasi pada parameter pH dan kekeruhan (NTU). Hasil analisis dinyatakan signifikan jika nilai signifikansi (*p-value*) lebih kecil dari taraf nyata ( $\alpha$ ) 0,05. Tabel 2 menampilkan hasil analisis regresi dari parameter pH, sedangkan Tabel 3 menampilkan hasil analisis regresi untuk data parameter kekeruhan. 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 | Y = 5.316 + 0.021 X1 + 0.005 X2 + e | 55.9%          |
| Ketebalan pasir | X1 | 0.021 | 0.000 |                                     |                |
| PAC + Soda ash  | X2 | 0.005 | 0.018 |                                     |                |
| pH              | Y  |       |       |                                     |                |

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 | Y = 11.738 - 0.144 X1 - 0.138 X2 + e | 72.5%          |
| Ketebalan pasir | X1 | -0.144 | 0.000 |                                      |                |
| PAC + Soda ash  | X2 | -0.138 | 0.000 |                                      |                |
| Kekeruhan       | Y  |        |       |                                      |                |

Sumber: Data penelitian (2023)

Tabel 2 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%. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Bacin dan Nuzila (2020) juga melaporkan bahwa pemberian PAC dan soda ash mampu meningkatkan kualitas air, yakni menstabilkan pH dan menurunkan kadar kekeruhan. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Amri dan Pasaribu (2018) yang telah sukses menjernihkan dan menstabilkan pH dari air baku untuk PDAM Tirtanadi Martubung Medan dengan pemberian PAC dan soda ash. Meski demikian, kualitas air perlu ditingkatkan kembali dengan perlakuan penyaringan, yang dalam penelitian ini dilakukan dengan material pasir.

Secara keseluruhan, Tabel 3 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. Lapisan pasir yang lebih tebal di kotak filter memungkinkan seluruh partikel tersuspensi dapat tersaring secara menyeluruh. Secara statistik, hubungan yang negatif linier ini terlihat dari koefisien yang bertanda negatif. Adapun perlakuan yang diterapkan memiliki besar pengaruh 72,5% terhadap penurunan tingkat kekeruhan air. Dengan kata lain, teknik filtrasi sangat efektif dalam menghilangkan partikel polutan yang terkandung dalam limbah *greywater*. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wulandari *et al.* (2019) di mana material pasir sangat potensial dalam menyaring polutan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah *blackwater*. Dijelaskan bahwa pasir tidak hanya memiliki potensi menyaring polutan yang baik, namun juga mudah diperoleh dengan biaya yang relatif murah. Selain itu, penelitian Coenraad *et al.* (2019) dan Artidarma *et al.* (2021) juga menemukan temuan yang sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana pasir sangat efektif dalam menjernihkan air.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini membuahkan temuan empiris yang menegaskan bahwa PAC dan soda ash mampu menetralkan kadar pH limbah *greywater*. Selain itu, penerapan teknik filtrasi dengan pasir juga terbukti mampu menurunkan kadar kekeruhan secara signifikan. 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. Adapun hasil pengolahan air terbaik dalam penelitian ini memiliki kadar pH 6 dan tingkat kekeruhan 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.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- 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.
- 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.
- Badan Pusat Statistik Kota Bontang (2022). Statistik Air Bersih Kalimantan Timur. <https://bontangkota.bps.go.id/>
- 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-Raniry*, 1(3): 139-147.
- 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>
- 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.
- Haandel, V. Adrianus, & Lubbe, V. der Jeroen. (2012). Handbook of Biological Wastewater Treatment. London: IWA Publishing.
- Hasrianti, & Nurasia. (2017). Analisis Warna, Suhu, pH, dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*, 02(01): 747-753.
- Khotimah, S. Nurul. (2021). Karakterisasi Limbah Cair Greywater pada level Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Emisi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lampung*, 1(4): 27-35.
- 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



- Pemrintah Republik Indonesia (2001). Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.
- Rachmansyah, F., Utomo, S.B., & Sumardi. (2014). Perancangan dan Penerapan Alat Ukur Kekeruhan 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.
- Said, Nusa I. (2017). Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Wulandari, Lies Kurniawati. (2019). Model Fisik Pengolahan Limbah Blackwater Pada Septictank Komunal Volume 1. Malang: Dream Litera Buana.
- Wulandari, Lies Kurniawati. (2019). Rancangan dan Hasil Model Fisik Blackwater pada Septicktank Komunal Standar Air Pertanian. Volume 2. Malang: Dream Litera Buana.