

**EFEKTIVITAS ARANG BATOK KELAPA
SEBAGAI MATERIAL FILTER
DALAM PENJERNIHAN AIR LIMBAH *BLACKWATER***

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

**Dream Litera Buana
Malang 2019**

EFEKTIVITAS ARANG BATOK KELAPA SEBAGAI MATERIAL FILTER DALAM PENJERNIHAN AIR LIMBAH *BLACKWATER*

Penulis:

Dr.Ir. Lies Kurniawati Wulandari,MT.

©Dream Litera Buana
Malang 2019
70 halaman, 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-602-5518-79-9

Diterbitkan oleh:

CV. Dream Litera Buana

Perum Griya Sampurna, Blok E7/5
Kepuharjo, Karangploso, Kabupaten Malang

Email: dream.litera@gmail.com
Website: www.dreamlitera.com
Anggota IKAPI No. 158/JTI/2015

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku ini dengan cara apapun,
tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan pertama, Juni 2019

Distributor:

Dream Litera Buana

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan hasil penelitian yang berjudul **“Efektivitas Arang Batok Kelapa Sebagai Material Filter Dalam Penjernihan Air Limbah *Blackwater*”**.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang membahas tentang limbah rumah tangga secara komunal pada masyarakat menengah kebawah yang keluarannya dialirkan ke sungai, sehingga diperlukan filtrasi atau penyaringan dan arang batok kelapa sebagai media filtrasi tersebut. Penelitian ini dilaksanakan dengan uji model fisik yang dilaksanakan di Laboratorium.

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pembelajaran pada pengolahan limbah pada masyarakat yang lain sehingga pada saat pembuangan ke sungai tidak mencemari badan sungai.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan buku ini dan mudah-mudahan buku

dreamlitera

ini bermanfaat bagi pembaca. Untuk menuju kesempurnaan, penulis berharap ada saran dan kritik dari pembaca,

Malang, 25 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
PENDAHULUAN	1
LANDASAN TEORI	7
A. Pengertian Limbah Rumah Tangga	7
B. Macam-macam Limbah Rumah Tangga.....	8
1) Limbah Sampah	8
2) Limbah Tinja	10
3) Limbah pada Saluran Pembuangan Air	13
C. Sumber Limbah.....	15
1) Aktivitas Manusia	15
2) Aktivitas Alam	16

dreamlitera

D. Dampak Limbah Rumah Tangga.....	16
E. Penanggulangan dan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga.....	18
F. Blackwater	20
G. Arang Batok Kelapa	21
a) Teknik Pembuatan Arang Batok Kelapa	23
b) Pengawasan Mutu	25
H. Parameter (NTU / Nephelometric Turbidity Unit)	26
METODE.....	27
A. Lokasi Penelitian	27
B. Alat (Model Fisik)	30
C. Bahan.....	31
D. Parameter Pengamatan.....	31
E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	32
F. Metode Analisis Data.....	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Penurunan Tingkat Kekerusuhan Blackwater Berdasarkan Ketebalan Filter.....	35
B. Pengaruh Ketebalan Filter Arang Terhadap Kekerusuhan	41
1) Regresi Linier.....	41
2) Regresi Non-Linier (Eksponensial).....	43

dreamlitera

C. Pengaruh Debit Limbah Blackwater Terhadap

Kekeruhan	45
1) Regresi Linier.....	45
2) Regresi Non-Linier (Eksponensial).....	47
KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
BIODATA PENULIS.....	57

dreamlitera

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 10 cm.....	35
Tabel 2. Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 15 cm.....	37
Tabel 3. Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 20 cm.....	38
Tabel 4. Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 30 cm.....	40
Tabel 5. Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan pagi	41
Tabel 6. Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan sore.....	42
Tabel 7. Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan pagi	43
Tabel 8. Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan sore.....	44

dreamlitera

Tabel 9. Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan pagi	45
Tabel 10. Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan sore.....	46
Tabel 11. Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan pagi	47
Tabel 12. Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan sore.....	48

dreamlitera

dreamlitera

PENDAHULUAN

Kondisi sanitasi di Indonesia tidak terkecuali di Jawa Timur membutuhkan perhatian secara serius dari berbagai pihak. Mengingat ketertinggalan di bidang pembangunan sanitasi memicu berbagai permasalahan, diantaranya penurunan kualitas air tanah dan air permukaan (sungai), pencemaran udara hingga menurunnya tingkat kesehatan masyarakat yang pada akhirnya melemahkan daya saing bangsa dan negara. Secara terbuka telah diungkapkan di berbagai media bahwa pencemaran air tanah di berbagai kota besar mencapai 80%. Sekitar 75% sungai sudah tercemar. Guna menghindari permasalahan lingkungan dan kesehatan masyarakat yang semakin buruk, Bapeda Jawa Timur yang sekarang berubah menjadi Badan Lingkungan Hidup (BLH) Jawa Timur melalui Program Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup IPAL komunal.

IPAL komunal tersebut bermanfaat bagi pengolahan air limbah domestik hingga keluarannya memenuhi ambang batas baku mutu sehingga tidak lagi mencemari lingkungan. Namun demikian, pengalaman yang terjadi di Kota Malang membuktikan bahwa pembangunan dan penyerahan fasilitas sanitasi seperti

IPAL, meskipun sudah melalui proses yang seolah-olah bagus, namun pada kenyataannya tidak akan berfungsi secara optimal lagi dalam beberapa tahun setelahnya. Pelajaran yang bisa dipetik dari pengalaman kegagalan masyarakat dalam mengelola IPAL komunal di Kota Malang dikarenakan belum diperkenalkannya sistem pengelolaan yang tidak bersifat berkelanjutan (*closing cycle*), dan apabila sistem pengelolaan ini tidak segera diaplikasikan, maka hampir bisa dipastikan kegagalan demi kegagalan akan terjadi di Jawa Timur dan bahkan di seluruh Indonesia mengingat semuanya belum memiliki sistem pengelolaan yang bersifat berkelanjutan. Jika contoh pelestarian pengelolaan IPAL komunal belum bisa didemonstrasikan, maka target MDGs (*Millenium Development Goals*) berupa peningkatan sarana sanitasi di Indonesia yang seyogyanya mencapai 70% pada tahun 2015 akan sulit direalisasikan.

Keberlanjutan (*Sustainibilitas*) merupakan proses penentuan pencapaian keseimbangan buah tiga aspek, yaitu: ¹⁾ perkembangan ekonomi; ²⁾ peningkatan sumber daya masyarakat (SDM); dan ³⁾ pemantapan lingkungan hidup di tingkat lokal. Proses menuju ke arah *sustainibilitas* ditempuh dengan cara menguji, mengembangkan dan men-desiminasi prosedur pengembangan tingkat ekonomi masyarakat sedemikian rupa sehingga ekosistem mendapatkan perlindungan akibat peningkatan taraf hidup (ICLEI, IDRC dan UNEP 1996).

Perkembangan ekonomi masyarakat pengelola IPAL komunal, bahkan masyarakat lokal hendaknya bisa ditingkatkan. Sementara ini upaya ke arah sana masih belum dilakukan. Di

manapun IPAL komunal dibangun, belum ada upaya yang mengarahkan pada pemikiran peningkatan ekonomi masyarakat akibat adanya IPAL tersebut. Saat ini sudah banyak pembangunan Sanimas (sanitasi masyarakat) di beberapa kota di Jawa Timur (misalnya: di Blitar, Batu dan Kepanjen). Sistem yang diterapkan adalah pungutan bagi masyarakat yang memanfaatkan sarana IPAL komunal tersebut berupa iuran pakai. Pada kenyataannya, sistem ini tidak bisa berjalan secara efektif karena “pengelola” tidak “tega” menarik iuran apabila yang menggunakan fasilitas toilet atau kamar mandi itu adalah tetangga, teman atau bahkan masih keluarga sendiri. Hal seperti ini menurunkan tingkat sustainabilitas sarana ini. Tujuan baik agar diperoleh dana dalam rangka perawatan IPAL komunal ini tidak bisa dicapai, apalagi untuk meningkatkan ekonomi masyarakat.

Pengolahan ini dilakukan pada limbah cair dengan kandungan bahan limbah yang dapat dipisahkan secara mekanis langsung tanpa penambahan bahan kimia atau melalui penghancuran secara biologis. Pengolahan limbah cair secara fisika dapat dilakukan dengan cara filtrasi dan sedimentasi (Manurung dkk., 2004). Sedimentasi merupakan proses pemisahan padat-cair dengan cara mengendapkan partikel tersuspensi dengan adanya gaya gravitasi. Menurut Kagaya *et al.*, (1999), pengolahan limbah secara sedimentasi merupakan proses pengendapan senyawa organik dalam limbah tanpa adanya perlakuan bantuan. Namun pengolahan sedimentasi tidak efisien untuk digunakan, sebab prosesnya berlangsung lambat, apalagi jika limbah berada dalam jumlah yang cukup besar meskipun biayanya relatif murah.

Filtrasi merupakan proses pemisahan padat-cair melalui suatu alat penyaring (filter). Filtrasi adalah salah satu bentuk untuk menghasilkan padatan limbah dengan efisiensi tinggi. Jika dibandingkan dengan pengolahan sedimentasi, filtrasi memerlukan biaya yang relatif mahal, selain itu juga efektivitas dari membran cepat menurun karena pori-porinya kemungkinan akan tertutup oleh partikulat-partikulat organik.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Cobb *et al.*, (2012) menunjukkan hasil bahwa arang mampu menghilangkan bahan pencemar kimiawi berkat kandungan karbon aktifnya. Selain itu, penerapan metode filtrasi sebelumnya telah terbukti efektif untuk menjernihkan air sungai. Temuan tersebut dikemukakan oleh Adhibaswara *et al.* (2011) yang membuat sebuah tanggul filter dengan memanfaatkan material pecahan bata, batu kerikil, ijuk, arang dan kemudian pasir. Selain efektif, metode tersebut juga efisien dan mudah diterapkan khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Meski demikian, hingga saat ini belum ada pengolahan lebih lanjut terkait upaya peningkatan kualitas air buangan yang masuk ke badan sungai. Berdasarkan kondisi area yang disurvei, fasilitas dan sumber daya dalam pengolahan limbah hanya diperankan secara fungsional saja dan tidak memperhatikan pembenahan sistem serta optimalisasi sumber daya yang ada.

Secara garis besar dapat ditekankan bahwa perlu adanya perbaikan desain sistem pengolahan limbah *blackwater* pada IPAL untuk meningkatkan kualitas air luaran sehingga layak untuk dibuang ke sungai ataupun dimanfaatkan kembali sebagai air

dreamlitera

pertanian. Untuk itu, peneliti menerapkan metode filtrasi dengan menggunakan bahan yang mudah diperoleh dengan harga yang relatif terjangkau, yaitu arang batok kelapa. Arang batok memiliki potensi yang baik dalam membantu pemurnian air limbah karena kandungan karbon aktifnya. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketebalan lapisan arang, waktu tinggal, serta debit maksimum yang direkomendasikan agar mampu menghasilkan luaran yang baik.

dreamlitera

LANDASAN TEORI

A. Pengertian Limbah Rumah Tangga

Limbah atau sering disebut benda buangan, sering kali menjadi benda yang tidak diinginkan oleh masyarakat. Karena dengan konsentrasi dan kualitas tertentu maka dampaknya negatif dan dapat mengakibatkan penyakit pada manusia, ataupun lingkungan tempat tinggalnya. Saat ini jumlah limbah semakin meningkat, karena hampir seluruh manusia menghasilkan benda buangan tersebut. Hasil dari benda buangan tersebut biasanya berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, transportasi dan lain sebagainya. Jika melihat hal itu, maka limbah pun dapat menjadi masalah besar bagi manusia. Maka pengelolaan akan limbah sangat diperlukan untuk mengatasi dampak negatif dari limbah tersebut.

Limbah rumah tangga (domestik) adalah limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah tangga, limbah ini bisa berupa sisa-sisa sayuran seperti wortel, kol, bayam, selada dan lain-lain bisa juga berupa kertas, kardus atau karton. Limbah ini juga memiliki daya racun tinggi jika berasal dari sisa obat dan aki. Limbah rumah tangga adalah limbah yang berasal dari dapur,

kamar mandi, cucian, limbah bekas industri rumah tangga dan kotoran manusia. Limbah merupakan buangan atau sesuatu yang tidak terpakai berbentuk cair, gas dan padat.

Dalam air limbah terdapat bahan kimia yang sukar untuk dihilangkan dan berbahaya. Bahan kimia tersebut dapat memberi kehidupan bagi kuman-kuman penyebab penyakit disentri, tipus, kolera dan penyakit lainnya. Air limbah tersebut harus diolah agar tidak mencemari dan tidak membahayakan kesehatan lingkungan. Air limbah harus dikelola untuk mengurangi pencemaran. Limbah rumah tangga dapat dibedakan menjadi 3 jenis. Yang pertama berupa sampah. Kemudian ada air limbah yang dihasilkan dari kegiatan mandi dan mencuci yang terakhir adalah kotoran yang dihasilkan manusia. Limbah-limbah ini, jika tak dikelola baik, berpotensi tinggi mencemari lingkungan sekitar.

B. Macam-macam Limbah Rumah Tangga

1) Limbah Sampah

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah merupakan didefinisikan oleh manusia menurut derajat keterpakaiannya, dalam proses-proses alam sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alam tersebut berlangsung. Akan tetapi karena dalam kehidupan manusia didefinisikan konsep lingkungan maka Sampah dapat dibagi menjadi dua yaitu sampah kering dan sampah basah. Sampah juga dapat dibagi menurut jenis-jenisnya.

Selanjutnya, jenis sampah berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi sampah padat dan cair. Sampah padat adalah segala bahan buangan selain kotoran manusia, urine dan sampah cair. Dapat berupa sampah rumah tangga: sampah dapur, sampah kebun, plastik, metal, gelas dan lain-lain. Menurut bahannya sampah ini dikelompokkan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik Merupakan sampah yang berasal dari barang yang mengandung bahan-bahan organik, seperti sisa-sisa sayuran, hewan, kertas, potongan-potongan kayu dari peralatan rumah tangga, potongan-potongan ranting, rumput pada waktu pembersihan kebun dan sebagainya.

Berdasarkan kemampuan diurai oleh alam (biodegradability), maka dapat dibagi lagi menjadi *biodegradable* dan *non-biodegradable*. Sampah *biodegradable* yaitu sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob, seperti: sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian dan perkebunan. Sedangkan sampah *non-biodegradable* yaitu sampah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Selain itu, dalam pemanfaatan ulangnya, limbah dibagi menjadi *recyclable* dan *non-recyclable*. Sampah *recyclable* adalah sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena memiliki nilai secara ekonomi seperti plastik, kertas, pakaian dan lain-lain. Sampah *non-recyclable* adalah sampah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak dapat diolah atau diubah kembali seperti tetra packs, carbon paper, thermo coal dan lain-lain.

2) Limbah Tinja

Tinja atau feses atau dalam bahasa kasarnya disebut tahi adalah produk buangan saluran pencernaan hewan yang dikeluarkan melalui anus atau kloaka. Pada manusia, proses pembuangan kotoran dapat terjadi (bergantung pada individu dan kondisi) antara sekali setiap satu atau dua hari hingga beberapa kali dalam sehari. Pengerasan tinja atau feses dapat menyebabkan meningkatnya waktu dan menurunnya frekuensi buang air besar antara pengeluarannya atau pembuangannya disebut dengan konstipasi atau sembelit. Dan sebaliknya, bila pengerasan tinja atau feses terganggu, menyebabkan menurunnya waktu dan meningkatnya frekuensi buang air besar disebut dengan diare atau mencret.

Bau khas dari tinja atau feses disebabkan oleh aktivitas bakteri. Bakteri menghasilkan senyawa seperti indole, skatole, dan thiol (senyawa yang mengandung belerang), dan juga gas hidrogen sulfida. Asupan makanan berupa rempah-rempah dapat menambah bau khas feses atau tinja. Di pasaran juga terdapat beberapa produk komersial yang dapat mengurangi bau feses atau tinja.

Bagian yang paling berbahaya dari limbah domestik adalah mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja, karena dapat menularkan beragam penyakit bila masuk tubuh manusia, dalam 1 gram tinja mengandung 1 milyar partikel virus infeksius, yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10 derajat Celcius. Terdapat 4 mikroorganisme patogen yang terkandung dalam tinja yaitu : virus, Protozoa, cacing dan

bakteri yang umumnya diwakili oleh jenis *Escherichia coli* (*E-coli*). Menurut catatan badan Kesehatan dunia (WHO) melaporkan bahwa air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan virus sebesar 100.000 partikel virus infeksius setiap liternya, lebih dari 120 jenis virus patogen yang terkandung dalam air seni dan tinja. Sebagian besar virus patogen ini tidak memberikan gejala yang jelas sehingga sulit dilacak penyebabnya.

Saat ini *E-coli* adalah mikroorganisme yang mengancam Kali Mas. Bakteri penghuni usus manusia dan hewan berdarah panas ini telah mengkontaminasi badan air Kali Mas, dari Kajian Dhani Arnantha staf peneliti Lembaga kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah menyebutkan bahwa di Hulu Kali Mas tepatnya di daerah Ngagel jumlah *E-coli* dalam 100 ml air Kali Mas mencapai 350 milyar - 1600 milyar padahal dalam baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah dalam PP 82/2001 tentang Pengendalian Limbah cair menyebutkan bahwa badan air yang dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum seperti Kali Mas kandungan *E-coli* dalam 100 ml air tidak boleh lebih dari 10.000.

Setelah tinja memasuki badan air, *E-coli* akan mengkontaminasi perairan, bahkan pada kondisi tertentu *E-coli* dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh dan dapat tinggal di dalam pelvis ginjal dan hati. Tingginya tingkat pencemaran domestik Kali Mas memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas kesehatan masyarakat yang tinggal disepanjang bantaran Kali Mas, hal ini merujuk pada data yang dikeluarkan oleh Paguyuban Kanker Anak Jawa Timur RSUD Dr Soetomo Oktober 2003 yang menyebutkan bahwa 59% penderita kanker anak adalah

leukimia dan sebagian besar dari penderita kanker ini tinggal di Daerah Aliran Sungai Brantas (termasuk Kali Surabaya dan Kali Mas). Jenis Kanker lainnya yang umum diderita Anak yang tinggal di Bantaran Kali adalah kanker syaraf (neuroblastoma), Kanker kelenjar getah bening (Limfoma), kanker ginjal (tumor wilms), dan Kanker Mata.

Ancaman serius ini harus memicu peran aktif Pemerintah dalam mengendalikan pencemaran domestik, karena dibandingkan dengan Limbah cair industri, penanganan sumber limbah domestik sulit untuk dikendalikan karena sumbernya yang tersebar. Upaya yang dimaksudkan bukan penyuluhan kepada masyarakat untuk tidak membuang tinja atau deterjen kesungai, tetapi lebih kepada mengarahkan industri-industri kita untuk menerapkan cleaner production (industri yang berwawasan lingkungan) dengan menerapkan pengolahan limbah dan menghasilkan produk-produk ramah lingkungan.

Sebagai konsumenpun masyarakat pemakai detergen juga harus berani memilih dengan menggunakan produk-produk yang dihasilkan oleh industri yang telah memiliki predikat hijau, predikat hijau ini diberikan oleh Kantor kementerian Lingkungan Hidup dalam program Proper (Program Pentaatn Industri) dalam program ini diberikan predikat emas untuk industri yang menerapkan industri bersih, predikat Hijau untuk industri yang telah mengelolah limbahnya dan telah mengembangkan *community development* bagi masyrakat sekitar, predikat biru, Predikat Merah dan Predikat hitam bagi industri yang menimbulkan kerusakan lingkungan. Dengan memilih produk-

produk dari industri berpredikat hijau berarti kita juga ikut serta dalam menjaga kualitas lingkungan.

3) Limbah Pada Saluran Pembuangan Air

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Batasan lain mengatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada (Kusnoputranto, 1985).

Limbah cair yang berasal dari aktifitas rumah tangga umumnya hanya mengandung zat organik, sehingga hanya membutuhkan pengolahan yang sederhana untuk menghilangkan polutan yang terdapat di dalamnya (Yasa, 2010). Limbah cair atau air buangan merupakan sisa air dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. *Domestic wastewater* (Limbah cair domestik) meliputi limbah cair dari dapur, kamar mandi, laundry dan sejenisnya.

Menurut Nelwan (2011), air limbah yang paling banyak dibuang dan mencemari sungai adalah air limbah yang berasal dari limbah rumah tangga (limbah domestik). Sekitar 50-75% dari

beban organik yang berada di dalam sungai berasal dari limbah domestik. Akibat dari pembuangan limbah yang tidak berada pada tempatnya ini akan mengakibatkan munculnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan, penyakit saluran pernapasan, dan penyakit lainnya.

Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic wastes water*) pada umumnya terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik. Karakteristik air limbah perlu dikenal, karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat, sehingga tidak mencemari lingkungan hidup. Secara garis besar karakteristik air limbah ini digolongkan menjadi sebagai berikut:

a) Karakteristik Fisik

Sebagian besar terdiri dari air dan sebagian kecil terdiri dari bahan-bahan padat dan suspensi. Terutama air limbah rumah tangga, biasanya berwarna suram seperti larutan sabun, sedikit berbau. Kadang-kadang mengandung sisa-sisa kertas, berwarna bekas cucian beras dan sayur, bagian-bagian tinja, dan sebagainya.

b) Karakter Kimiawi

Biasanya air buangan ini mengandung campuran zat-zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih serta bermacam-macam zat organik berasal dari penguraian tinja, urine dan sampah-sampah lainnya. Oleh sebab itu, pada umumnya bersifat basah pada waktu masih baru, dan cenderung ke asam apabila sudah memulai membusuk. Substansi organik dalam air buangan

terdiri dari dua gabungan, yakni gabungan yang mengandung nitrogen, seperti urea, protein, amine, dan asam amino. Selain itu, gabungan yang tak mengandung nitrogen, misalnya lemak, sabun, dan karbohidrat, termasuk selulosa.

c) Karakteristik Bakteriologis

Kandungan bakteri pathogen serta organisme golongan *E. coli* terdapat juga dalam air limbah tergantung darimana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan. Sesuai dengan zat-zat yang terkandung di dalam air limbah ini, maka air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan berbagai gangguan kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup.

C. Sumber Limbah

1) Aktivitas Manusia

Saat manusia melakukan aktivitas untuk menghasikan sesuatu barang produksi maka akan timbul suatu limbah karena tidak mampunya pengolahan yang dilakukan oleh manusia menggunakan mesin dan juga sulitnya untuk mengolah barang yang tidak berguna menjadi barang yang bias dimanfaatkan untuk keperluan manusia. Berikut adalah limbah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, misalnya:

- a) Hasil pembakaran bahan bakar pada industry dan juga kendaraan bermotor
- b) Pengolahan bahan tambang dan minyak bumi
- c) Pembakaran hutan untuk membuka lahan pertanian ataupun perumahan

2) Aktivitas Alam

Pencemaran limbah juga di timbulkan oleh aktivitas alam walaupun jumlahnya sangat sedikit pengaruhnya terhadap lingkungan karena lokasinya yang biasanya bersifat lokal. Berikut adalah contoh dari aktivitas alam yang menghasilkan limbah, yaitu:

- a) Pembusukan bahan organik alami
- b) Adanya aktifitas gunung berapi
- c) Banjir, longsor serta
- d) Aktivitas alam yang lain

Karena kedua aktivitas ini menimbulkan limbah yang mencemari lingkungan, manusia di bumi terus mengembangkan teknologi untuk mencegah dampak pencemaran lingkungan. Walaupun dilain pihak limbah terus meningkat terutama diakibatkan oleh aktivitas manusia.

D. Dampak Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga yang dirasa sangat berbahaya bagi lingkungan antara lain sebagai berikut:

1. Dapat menyebabkan pencemaran tanah. Hal tersebut sangat membahayakan hewan-hewan kecil yang hidup di dalam tanah, misalnya cacing tanah.
2. Dampak dari pembuangan Limbah organik yang mengandung protein akan menghasilkan bau yang tidak sedap (lebih busuk).

3. Dampak dalam kesehatan: dapat menyebabkan dan menimbulkan penyakit, contoh: penyakit diare, kolera, penyakit jamur, sampah beracun. penyakit ini terjadi karena virus yang berasal dari sampah dengan pengelolaan yang tidak tepat.
4. Eutrofikasi: perairan menjadi terlalu subur sehingga terjadi ledakan jumlah alga dan fitoplankton yang saling berebut mendapat cahaya untuk fotosintesis.
5. Peningkatan emisi CO₂ akibat dari banyaknya kendaraan, penggunaan listrik berlebihan serta buangan industri akan memberikan efek peningkatan kadar keasaman laut. Peningkatan CO₂ tentu akan berakibat buruk bagi manusia terkait dengan kesehatan pernapasan, Salah satu fungsi laut adalah sebagai penyerap dan penetral CO₂ terbesar di bumi. Saat CO₂ di atmosfer meningkat maka laut juga akan menyerap lebih banyak CO₂ yang mengakibatkan meningkatnya derajat keasaman laut. Hal ini mempengaruhi kemampuan karang dan hewan bercangkang lainnya untuk membentuk cangkang. Jika hal ini berlangsung secara terus menerus maka hewan-hewan tersebut akan punah dalam jangka waktu yang dekat.
6. Plastik, yang menjadi masalah terbesar dan paling berbahaya. Banyak hewan yang hidup pada atau di laut mengkonsumsi plastik karena kesalahan, Karena tidak jarang plastik yang terdapat di laut akan tampak seperti makanan bagi hewan laut.

E. Penanggulangan dan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga

Akibat dari semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat serta aktivitas lainnya maka bertambah pula buangan/limbah yang dihasilkan. Limbah/buangan yang ditimbulkan dari aktivitas dan konsumsi masyarakat sering disebut limbah domestik atau sampah. Limbah tersebut menjadi permasalahan lingkungan karena kuantitas maupun tingkat bahayanya mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya. Pada limbah rumah tangga, adapun cara kita untuk menanggulangnya yaitu seperti memanfaatkan limbah-limbah tertentu yang masih dapat di daur ulang . Limbah yang dapat di daur ulang contohnya seperti:

1) Plastik

Kerajinan dari sampah plastik merupakan kerajinan yang bisa menjadi alternatif peluang usaha di sekeliling kita. Seperti diketahui Plastik merupakan bahan kebutuhan yang banyak dipergunakan dalam kehidupan manusia modern. Akan tetapi, sisa sampah dari plastik menjadi permasalahan tersendiri bagi kehidupan. Karena Sampah plastik merupakan limbah rumah tangga yang sangat sulit untuk diuraikan untuk itu ayo memanfaatkan plastik bekas menjadi kerajinan yang cantik dan unik contohnya seperti, tas atau payung dari plastic sabun cuci.

2) Sisa Makanan

Pada rumah tangga menghasilkan limbah basah contohnya seperti, ada sisa sayuran, sisa nasi, dan sisa makanan lain. Jika

pandai memanfaatkannya, limbah basah ini bisa diolah menjadi pupuk organik.

Apabila limbah tidak dapat dimanfaatkan kembali seperti contoh di atas, maka solusinya adalah dengan diolah agar kandungan polutannya menurun dan tidak menimbulkan dampak yang lebih besar terhadap lingkungan. Berdasarkan sifat limbah, maka proses pengolahan limbah cair dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

1) Proses Fisika

Proses ini dilakukan secara mekanik tanpa penambahan bahan kimia. Proses ini meliputi penyaringan, pengendapan dan pengapungan.

2) Proses kimia

Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan bahan kimia untuk menetralsir bahan pencemar.

3) Proses Biologi

Proses ini menghilangkan polutan menggunakan kerja mikro organisme. Pada kenyataanya proses pengolahan ini tidak berjalan sendiri tapi sering harus dilaksanakan dengan kombinasi.

Pegolahan air limbah dimaksudkan untuk melindungi lingkungan hidup terhadap pencemaran air limbah tersebut. Secara ilmiah sebenarnya lingkungan mempunyai daya dukung yang cukup besar terhadap gangguan yang timbul karena pencemaraan air limbah tersebut. Namun demikian, alam tersebut

mempunyai kemampuan yang terbatas dalam daya dukungnya, sehingga air limbah perlu dibuang.

F. *Blackwater*

Jenis air limbah sendiri ada dua, yaitu air limbah *blackwater* dan air limbah *greywater* (Muti,2011). Air limbah *blackwater* berasal dari kotoran manusia yang perlu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai karena mengandung bakteri patogen. Pada umumnya *blackwater* ditampung kedalam *septictank* atau langsung disalurkan ke *sewage system* untuk kemudian diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik (IPAL). Untuk air limbah *greywater* berasal dari kegiatan dapur (tempat cuci piring), air bekas mencucipakaian, dan air mandi yang biasanya langsung dibuang ke saluran drainase (selokan) atau ke perairan umum (sungai).

Blackwater dikenal dengan kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga apabila diolah dengan baik, luaran yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan sebagai air untuk keperluan irigasi. Apabila hasil pengolahan limbah *blackwater* masih belum memenuhi standar untuk air irigasi pertanian, maka akan berdampak negatif bagi tanaman. Hal ini berkaitan dengan masih tingginya kandungan bahan organik dan polutan yang terkandung di dalamnya.

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting, yaitu tinja (*feces*), berpotensi mengandung mikroba pathogen, air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor, serta

kemungkinan kecil mikroorganismenya yang biasa disebut *blackwater*. *Blackwater* merupakan salah satu limbah cair domestik yang memerlukan pengolahan yang tepat agar nantinya dapat dibuang tanpa menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan.

Penelitian Haandel et al. (2012), limbah cair domestik yang dikenal sebagai *black water* merupakan limbah cair yang berasal dari toilet. Sedangkan yang dikenal sebagai *greywater* merupakan limbah cair yang berasal dari dapur, laundry dan kamar mandi. Austin dan Yu (2016) menambahkan bahwa sebanyak 33,3% limbah cair dari rumah pada umumnya berasal dari toilet, 33,33% dari kegiatan mandi, dan sisanya berasal dari aktifitas mencuci baik itu makanan, minuman maupun pakaian. Dilihat dari komponen penyusunnya, limbah cair rumah tangga tersusun atas karbohidrat, lemak, protein, urea, garam fosfat, bakteri dan logam berat.

G. Arang Batok Kelapa

Secara umum, satu gram karbon aktif memiliki luas permukaan 500-1500 m², sehingga dinilai efektif dalam menangkap partikel-partikel dengan ukuran 0.01-0.0000001 mm. Karbon aktif memiliki sifat yang sangat aktif dan mudah menyerap polutan. Titik jenuh karbon biasanya dicapai pada waktu penggunaan selama 60 jam. Oleh karena itu biasanya arang aktif di kemas dalam kemasan yang kedap udara sampai tahap tertentu sehingga dapat di reaktivasi kembali, meskipun demikian tidak jarang yang disarankan untuk sekali pakai. Metode aktivasi arang sangat

menentukan proses reaktivasinya, sehingga sangat penting untuk memperhatikan keterangan pada kemasan.

Arang batok kelapa memiliki fungsi dan kegunaan yang beragam, selain itu juga mudah didapatkan. Arang batok kelapa marak dicari dan diperjualbelikan baik dalam negeri maupun luar negeri. Tempurung kelapa yang sudah diolah menjadi briket karena memiliki kandungan energi yang tinggi, yakni 7.340 kalori. Energi panas ini lebih tinggi dibanding briket yang terbuat dari kayu biasa.



Gambar 1. Arang batok kelapa

Pasar briket tempurung kelapa kebanyakan justru untuk ekspor dengan prosentase 80% sedangkan sisanya 20% untuk pasar dalam negeri. Beberapa negara tujuan ekspor antara lain negara-negara timur tengah, Jepang, Australia dan lain-lain. Mereka menggunakan arang batok untuk pembuatan karbon aktif pada *water treatment plant* dan sumber karbon untuk berbagai macam industri *Coconut Shell Charcoal*.

1) Teknik Pembuatan Arang Batok Kelapa

Pada arang aktif, aktivasi dilakukan pada suhu 100°C . Arang aktif yang dihasilkan kemudian dicuci dengan air lalu dikeringkan pada suhu 300°C . Bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu untuk selanjutnya dicampur dengan bahan-bahan kimia. Aktivasi arang secara kimia diawali dengan proses perendaman dengan larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktivasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu $600\text{-}900^{\circ}\text{C}$ selama 1- 2 jam.

Dalam proses fisika, bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Arang tersebut kemudian digiling dan diayak untuk selanjutnya diaktifasi melalui tahap pemanasan pada suhu 1000°C yang disertai dengan pengaliran uap. Gas aktivasi yang digunakan bisa uap air atau CO_2 yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada suhu $800\text{-}1100^{\circ}\text{C}$. Pada umumnya pembuatan arang batok kelapa melalui 2 (dua) cara, yaitu:

1. Menggunakan Lubang Pembakaran

Cara Pembuatannya adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan tempurung kelapa yang sudah kering.
- b. Buatlah lubang pada tanah yang kering dengan ukuran kedalaman 1 – 2 meter dan panjang 75 – 100 cm dan lebar 75 – 100 cm.
- c. Dasar lubang diberi alas dengan batu bata dengan tujuan agar agar api tahan lama.

- d. Dasar lubang dilengkapi dengan susunan kayu kering yang selanjutnya dibakar.
- e. Setelah api agak besar masukkan tempurung kelapa (batok kelapa) yang telah bersih dari sabut kira-kira $\frac{1}{4}$ bagian lubang.
- f. Jika tempurung (batok) kelapa sudah terbakar semua, kemudian masukkan tempurung lagi $\frac{1}{4}$ bagian dan seterusnya sampai penuh.
- g. Ketika tempurung telah terbakar semua, maka permukaan lubang harus segera ditutup dengan kayu. Alternatif lain adalah dengan menggunakan pelepah pisang atau tanah.

2. Menggunakan Drum Bekas

Cara Pembuatannya adalah sebagai berikut:

- a. Drum bekas yang telah disiapkan kemudian dilubangi pada bagian bawah sebanyak 8 lubang.
- b. Tempurung kelapa dimasukkan ke dalam drum hingga $\frac{1}{4}$ bagian.
- c. Karang dibakar sampai menyala.
- d. Setelah seluruh tempurung kelapa menyala, maka tempurung kelapa ditambahkan kembali hingga $\frac{1}{4}$ bagian dan dilanjutkan hingga penuh.
- e. Setelah terbakar sempurna, maka drum segera ditutup dengan plat besi berlapis tanah liat.



Gambar 2.

Pembakaran batok kelapa dengan menggunakan drum

2) Pengawasan Mutu

Bahan baku sebanyak 5 kg batok kelapa nantinya akan menjadi 1 kg arang batok. 1 Kg tempurung berasal dari 4 hingga 6 butir kelapa tergantung ukurannya. Tempurung yang dipilih sebaiknya adalah yang berwarna coklat, bukan putih. Drum yang digunakan sebaiknya tidak berlubang besar, sebab hal ini akan menyebabkan asap keluar. Bila asap keluar, maka api tidak akan mati, sehingga arang menjadi kecil-kecil. Waktu mematikan sebaiknya tidak disiram dengan air yang terlalu banyak, namun cukup diperciki saja agar menghasilkan arang dengan mutu yang baik.

Plesteran pada plat besi yang digunakan harus diawasi sebab bila tak diawasi tanah liat sebagai plester menjadi pecah dan kering, akibatnya asap keluar dan api tak akan padam sehingga arang menjadi abu. Waktu mengeluarkan arang tempurung

dreamlitera

(batok) kelapa dari drum hendaknya menggunakan alas karung atau jenis lainnya agar waktu mengayak/menampi tidak meninggalkan banyak kotoran.

H. Parameter (NTU / *Nephelometric Turbidity Unit*)

NTU merupakan parameter yang diukur dalam penelitian ini. Dengan kata lain, fokus penelitian hanya pada perubahan tingkat kekeruhan air limbah. Air dikatakan keruh karena memiliki warna tertentu, dimana air memiliki banyak muatan lumpur dan secara visual terlihat kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan meliputi lumpur, bahan organik dan partikel-partikel yang tersuspensi. Dalam penelitian ini, pengukuran kekeruhan dilakukan dengan menggunakan Nephelometer, dengan satuan yang digunakan adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).

METODE

Penelitian ini menerapkan metode filtrasi secara tunggal untuk mengolah limbah domestik (*blackwater*) yang didapat dari *Septic tank* komunal. Metode ini ditujukan agar dapat menghasilkan output air yang lebih jernih. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan metode pengumpulan data dan analisa data. Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan saat percobaan penelitian, yakni dengan mengukur tingkat kekeruhan air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dari masing-masing perlakuan.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Kelurahan Tlogomas, Kota Malang. IPAL Komunal Kelurahan Tlogomas atau MCK Terpadu terletak di Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, tepatnya disamping aliran sungai Brantas. Sejak puluhan tahun, warga RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas, Kota Malang telah menerapkan perubahan perilaku kebersihan, yakni kebiasaan

MCK ke sungai dirubah menjadi ke MCK. Pada mulanya, IPAL Komunal Tlogomas dikenal sebagai “Tangki AG” atau Tangki Agus Gunarto, tepatnya sejak tahun 1986. Agus Gunarto merupakan pendiri IPAL Komunal Tlogomas dan telah mendapatkan penghargaan *World Technology Award* pada tahun 2001 dari sebuah kompetisi internasional di London, Inggris yang diadakan oleh *World Technology Network* (WTN). IPAL Komunal Tlogomas memanfaatkan lahan seluas 25 m X 15 m untuk menampung limbah rumah tangga dari sebuah perkampungan di yang dihuni oleh 120 KK. Adapun konsep dan penataan yang ada sudah cukup bagus.



Gambar 3. Kondisi IPAL Komunal Tlogomas Malang

Limbah cair yang berasal dari seluruh rumah yang terdapat di perkampungan Tlogomas disalurkan dengan pipa dan bermuara di IPAL Komunal yang berada tepat di belakang kampung. Berdasarkan hasil pengamatan, kawasan IPAL Komunal Tlogomas

terlihat bersih dan dilengkapi dengan berbagai tanaman dan tempat duduk yang justru menjadikannya terlihat seperti taman. Jenis tanaman yang terdapat di kawasan IPAL Komunal Tlogomas antara lain jeruk, belimbing, pepaya, cabai, serta tanaman bunga pucuk merah dan aneka jenis puring. Penataan yang bagus, tertutup dan asri ini menjadikan IPAL Komunal Tlogomas jauh dari kesan kumuh. IPAL memiliki sembilan kolam penampungan limbah *blackwater* yang ditumbuhi dengan tanaman eceng gondok. Adapun *septic tank* ditempatkan di bagian sudut IPAL.

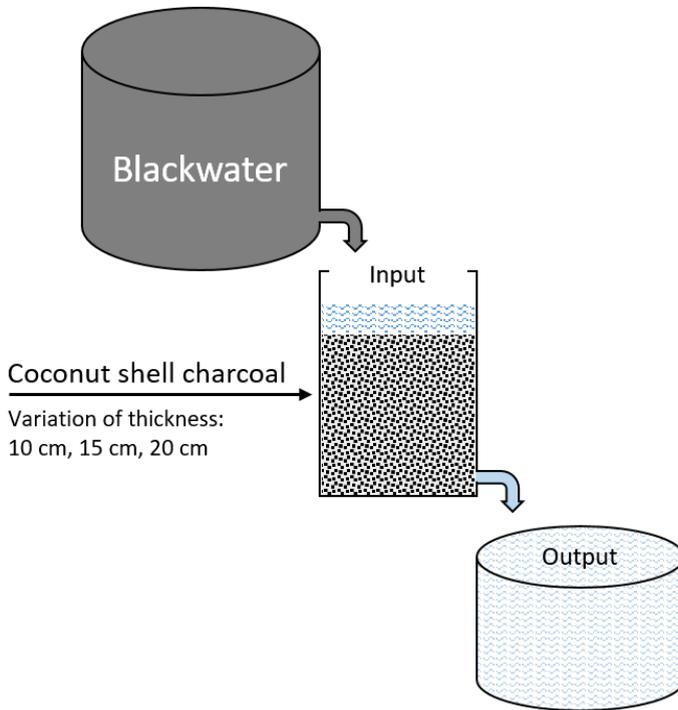
Sistem kerja IPAL komunal Tlogomas cukup sederhana, yakni menggunakan sistem pipa dan berbasis hukum gravitasi dan Archimedes. Prinsipnya adalah menampung dan mengolah limbah cair dari warga hingga akhirnya memenuhi standar dan layak dibuang ke sungai. Limbah *blackwater* yang telah terkumpul di bak induk nantinya akan disalurkan ke tangki penghancur dan diproses dengan metode filtrasi. Limbah kemudian disalurkan ke kolam endapan secara berurutan hingga melalui 9 kolam. Adapun kolam kolam terakhir adalah kolam yang difungsikan sebagai media penjernihan air. Sebagian besar proses pengolahan pada IPAL komunal bersifat terbuka, kecuali pada pipa saluran dan bak penghancur yang diposisikan tertutup. Adanya berbagai tanaman di IPAL Komunal dirasa membantu memperindah suasana IPAL yang sejatinya adalah tempat pengolahan limbah. Selain sejuk, kondisi ipal juga tidak begitu berbau. Pengolahan yang baik di IPAL Komunal Tlogomas juga menjadikan masyarakat bisa membangun sumur tanpa takut akan terjadinya pencemaran air.

B. Alat (Model Fisik)

Model fisik percobaan dibuat dalam skala lab. Bak filter dibuat dengan ukuran 25 x 60 cm dan diisi dengan arang batok kelapa dengan variasi ketebalan 10 cm, 15 cm, 20 cm dan 30 cm. Lapisan filter dirancang dengan posisi sebaik mungkin dan dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan untuk menghilangkan campuran lumpur.



Gambar 4. Bak Filter



Gambar 5. Skema Penjernihan Limbah *Blackwater*

C. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang batok kelapa sebagai material filter serta limbah *blackwater* sebagai objek penelitian. Air limbah *blackwater* diperoleh langsung dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Kelurahan Tlogomas, Kota Malang.

D. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dalam penelitian ini juga dinyatakan sebagai variabel penelitian. Variabel yang diamati terdiri dari

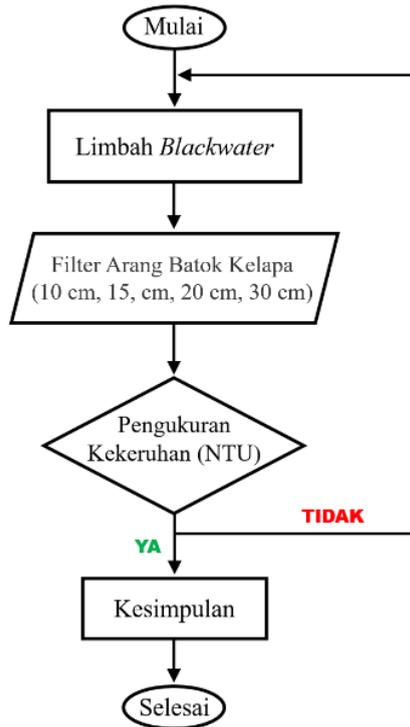
variabel bebas (*independent*) dan terikat (*dependent*). Variabel bebasnya yaitu ketebalan lapisan filter arang batok kelapa (10 cm, 15 cm, 20 cm dan 30 cm) dan debit limbah (100 liter/hari, 120 liter/hari, dan 140 liter/hari), sedangkan variabel terikatnya adalah tingkat kekeruhan limbah *blackwater* yang dinyatakan dalam satuan NTU.

E. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapan alat (bak penampung limbah dan model fisik filter)
2. Pengambilan sampel air limbah dari IPAL komunal.
3. Pengisian bak penampung dengan limbah *blackwater*.
4. Pengukuran kekeruhan awal limbah domestik (*blackwater*) sebelum percobaan.
5. Menghubungkan saluran pada bak penampung dengan bak filter.
6. Pengukuran kekeruhan akhir setelah air limbah melalui proses filtrasi.
7. Mengulangi prosedur dengan variasi waktu pengamatan.

Secara ringkas, proses pelaksanaan penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir berikut:



Gambar 6. Diagram alir pelaksanaan penelitian

F. Metode Analisis Data

Data penelitian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif untuk mengetahui perubahan karakteristik air limbah selama proses pengolahan, yakni mengacu pada tingkat kecerahannya. Selain itu, dilakukan analisis statistik inferensia dengan menggunakan analisis Regresi Linier untuk mengetahui pengaruh perlakuan ketebalan filter arang batok kelapa dan debit

air limbah terhadap tingkat kekeruhan. Analisis Regresi Linier dilakukan dengan menggunakan program SPSS 21.

Analisis Regresi Linier berganda merupakan uji hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Persamaan Regresi Linier berganda adalah sebagai berikut:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan:

- Y' : Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)
- X_1 dan X_2 : Variabel independen
- A : Konstanta (nilai Y' apabila $X_1, X_2, \dots, X_n = 0$)
- b : Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penurunan Tingkat Kekeruhan Blackwater Berdasarkan Ketebalan Filter

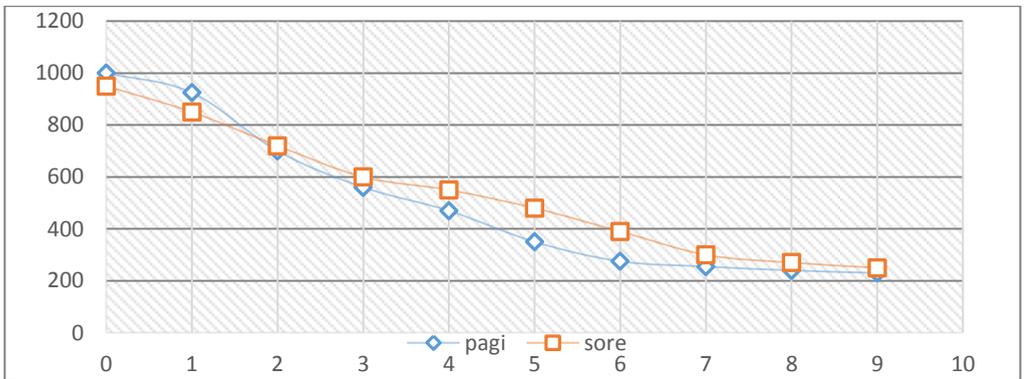
Berdasarkan hasil pengukuran, kadar awal kekeruhan limbah blackwater adalah 1000 NTU. Selain itu, ambang batas tingkat kekeruhan berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Adalah 25 NTU. Berikut disajikan data hasil pengukuran kecerahan air limbah yang diolah melalui metode filtrasi dengan ketebalan arang 10 cm:

Tabel 1.

Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 10 cm

Debit (liter/hari)	Tingkat Kekeruhan (NTU)		Waktu Tinggal (Hari)
	Sampel Pagi	Sampel Sore	
100	1000	950	0
	925	850	1
	700	720	2
120	560	600	3
	470	550	4
	350	480	5
	275	390	6
140	255	300	7
	240	270	8
	230	250	9

Sumber: Data penelitian diolah (2019)



Gambar 7.

Penurunan tingkat kekeruhan limbah pada ketebalan filter 10 cm

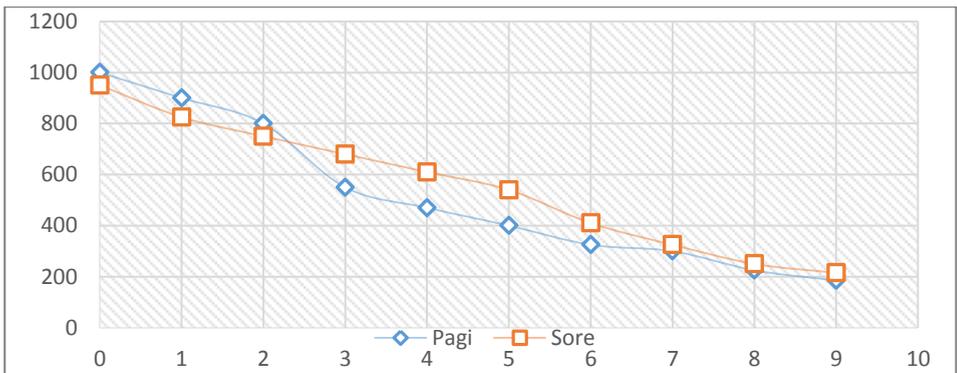
Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kekeruhan awal limbah *blackwater* sebelum diolah mencapai lebih besar dari 1000 NTU pada *blackwater* yang diambil pagi hari, dan 950 NTU pada *blackwater* yang diambil sore hari. Penyaringan dengan filter tunggal mulai hari pertama hingga hari ke-9 menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan *blackwater* terus-menerus mengalami penurunan hingga mencapai 230 NTU pada *blackwater* sampling pagi, dan 250 NTU pada *blackwater* sampling sore hari. Karena belum memenuhi standar peraturan, maka dilanjutkan dengan variasi ketebalan arang. Selanjutnya, disajikan data hasil pengukuran kecerahan air limbah yang diolah melalui metode filtrasi dengan ketebalan arang 15 cm:

Tabel 2.

Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 15 cm

Debit (liter/hari)	Tingkat Kekeruhan (NTU)		Waktu Tinggal (Hari)
	Sampel Pagi	Sampel Sore	
100	1000	950	0
	900	825	1
	800	750	2
120	550	680	3
	470	610	4
	400	540	5
	325	410	6
140	300	325	7
	225	250	8
	185	215	9

Sumber: Data penelitian diolah (2019)



Gambar 8.

Penurunan tingkat kekeruhan limbah pada ketebalan filter 15 cm

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kekeruhan awal limbah *blackwater* sebelum diolah mencapai lebih besar dari 1000 NTU pada *blackwater* yang diambil pagi hari, dan 950 NTU

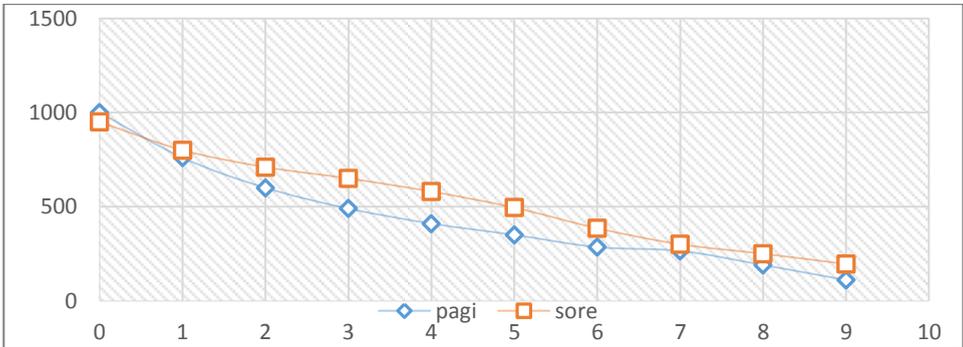
pada *blackwater* yang diambil sore hari. Penyaringan dengan filter tunggal mulai hari pertama hingga hari ke-9 menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan *blackwater* terus-menerus mengalami penurunan hingga mencapai 185 NTU pada *blackwater* sampling pagi, dan 215 NTU pada *blackwater* sampling sore hari. Karena belum memenuhi standar peraturan, maka dilanjutkan dengan variasi ketebalan arang. Selanjutnya, disajikan data hasil pengukuran kecerahan air limbah yang diolah melalui metode filtrasi dengan ketebalan arang 20 cm:

Tabel 3.

Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 20 cm

Debit (liter/hari)	Tingkat Kekeruhan (NTU)		Waktu Tinggal (Hari)
	Sampel Pagi	Sampel Sore	
100	1000	950	0
	760	800	1
	600	710	2
120	490	650	3
	410	580	4
	350	495	5
	285	385	6
140	265	300	7
	190	250	8
	110	195	9

Sumber: Data penelitian diolah (2019)



Gambar 9.

Penurunan tingkat kekeruhan limbah pada ketebalan filter 20 cm

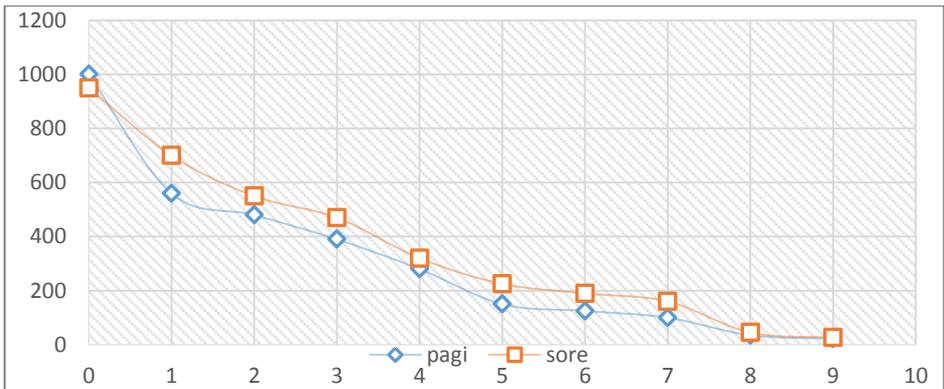
Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kekeruhan awal limbah *blackwater* sebelum diolah mencapai lebih besar dari 1000 NTU pada *blackwater* yang diambil pagi hari, dan 950 NTU pada *blackwater* yang diambil sore hari. Penyaringan dengan filter tunggal mulai hari pertama hingga hari ke-9 menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan *blackwater* terus-menerus mengalami penurunan hingga mencapai 110 NTU pada *blackwater* sampling pagi, dan 195 NTU pada *blackwater* sampling sore hari. Karena belum memenuhi standar peraturan, maka dilanjutkan dengan perlakuan ketebalan arang 30 cm yang dapat dilihat hasilnya pada tabel 4 berikut.

Tabel 4.

Data kekeruhan air limbah pada perlakuan ketebalan pasir 30 cm

Debit (liter/hari)	Tingkat Kekeruhan (NTU)		Waktu Tinggal (Hari)
	Sampel Pagi	Sampel Sore	
100	1000	950	0
	560	700	1
	480	550	2
120	390	470	3
	280	320	4
	150	225	5
	125	190	6
140	100	160	7
	35	45	8
	22	26	9

Sumber: Data penelitian diolah (2019)



Gambar 10.

Penurunan tingkat kekeruhan limbah pada ketebalan filter 30 cm

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kekeruhan awal limbah *blackwater* sebelum diolah mencapai lebih besar dari 1000 NTU pada *blackwater* yang diambil pagi hari, dan 950 NTU pada *blackwater* yang diambil sore hari. Penyaringan dengan filter tunggal mulai hari pertama hingga hari ke-9 menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan *blackwater* terus-menerus mengalami penurunan hingga mencapai 22 NTU pada *blackwater* sampling pagi, dan 26 NTU pada *blackwater* sampling sore hari. Karena sudah memenuhi syarat peraturan pemerintah tentang sanitasi yaitu 25 NTU maka penelitian dihentikan.

B. Pengaruh Ketebalan Filter Arang Terhadap Kekeruhan

1) Regresi Linier

Tabel 5 menyajikan ringkasan hasil analisis Regresi Linier pada data *blackwater* yang diperoleh pagi hari, khususnya terkait pengaruh ketebalan arang batok dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 5.

Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan pagi

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Arang batok	-10,144	0,002	7,6%	$Y = 717,871 - 10,144X + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Linier antara arang batok dan kekeruhan pada pengolahan pagi menunjukkan koefisien regresi -10,144, dengan

nilai signifikansi 0,002 ($< 0,05$). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa ketebalan arang batok memiliki pengaruh yang bersifat negatif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tebal lapisan arang batok yang digunakan untuk filtrasi, maka akan semakin potensial dalam menurunkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 7,6%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (92,4%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan. Selanjutnya, dijelaskan hasil analisis Regresi Linier (Tabel 6) pada data *blackwater* yang diperoleh sore hari, khususnya terkait pengaruh ketebalan arang batok dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 6.

Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan sore

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Arang batok	-9,380	0,002	8,2%	$Y = 746,300 - 9,380 X + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Linier antara arang batok dan kekeruhan pada pengolahan sore menunjukkan koefisien regresi -9,380, dengan nilai signifikansi 0,002 ($< 0,05$). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa ketebalan arang batok memiliki pengaruh yang bersifat negatif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan

kata lain, semakin tebal lapisan arang batok yang digunakan untuk filtrasi, maka akan semakin potensial dalam menurunkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 8,2%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (91,8%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan.

2) Regresi Non Linier (Eksponensial)

Tabel 7 menyajikan ringkasan hasil analisis Regresi Eksponensial pada data *blackwater* yang diperoleh pagi hari, khususnya terkait pengaruh ketebalan arang batok dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 7.

Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan pagi

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Arang batok	-0,033	0,000	13,1%	$Y = 823,924^{-0,033 X} + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Eksponensial antara arang batok dan kekeruhan pada pengolahan pagi menunjukkan koefisien regresi -0,033, dengan nilai signifikansi 0,000 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa ketebalan arang batok memiliki pengaruh yang

bersifat negatif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tebal lapisan arang batok yang digunakan untuk filtrasi, maka akan semakin potensial dalam menurunkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 13,1%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (86,9%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan. Selanjutnya, dijelaskan ringkasan hasil analisis Regresi Eksponensial pada data *blackwater* yang diperoleh sore hari, khususnya terkait pengaruh ketebalan arang batok dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 8.

Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan sore

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Arang batok	-0,029	0,000	12,4%	$Y = 855,090^{-0,029 X} + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Eksponensial antara arang batok dan kekeruhan pada pengolahan sore menunjukkan koefisien regresi -0,029, dengan nilai signifikansi 0,000 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa ketebalan arang batok memiliki pengaruh yang bersifat negatif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tebal lapisan arang batok yang

digunakan untuk filtrasi, maka akan semakin potensial dalam menurunkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 12,4%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (87,6%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan ketebalan arang batok yang diterapkan.

C. Pengaruh Debit Limbah *Blackwater* Terhadap Kekeruhan

1) Regresi Linier

Tabel 9 menyajikan ringkasan hasil analisis Regresi Linier pada data *blackwater* yang diperoleh pagi hari, khususnya terkait pengaruh debit air dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 9.

Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan pagi

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Debit air	4,566	0,002	7,5%	$Y = -20,275 + 4,566 X + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Linier antara debit air dan kekeruhan pada pengolahan pagi menunjukkan koefisien regresi 4,566, dengan nilai signifikansi 0,002 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa debit air memiliki pengaruh yang bersifat positif signifikan

terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tinggi debit air yang digunakan, maka akan meningkatkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 7,5%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan debit air yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (92,5%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan debit air yang diterapkan. Selanjutnya, dijelaskan hasil analisis Regresi Linier pada data *blackwater* yang diperoleh sore hari, khususnya terkait pengaruh debit air dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 10.

Hasil analisis Regresi linier pada data pengamatan sore

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Debit air	3,731	0,006	6,3%	Y = 122,675 + 3,731 X + e

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Linier antara debit air dan kekeruhan pada pengolahan sore menunjukkan koefisien regresi 3,731, dengan nilai signifikansi 0,006 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa debit air memiliki pengaruh yang bersifat positif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tinggi debit air yang digunakan, maka akan meningkatkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 6,3%, di mana angka ini merepresen-

tasikan pengaruh dari perlakuan debit air yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (93,7%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan debit air yang diterapkan.

2) Regresi Non Linier (Eksponensial)

Tabel 11 menyajikan ringkasan hasil analisis Regresi Eksponensial pada data *blackwater* yang diperoleh pagi hari, khususnya terkait pengaruh debit air dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 11.

Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan pagi

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Debit air	0,013	0,000	10,1%	$Y = 89,863^{0,013 X + e}$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Eksponensial antara debit air dan kekeruhan pada pengolahan pagi menunjukkan koefisien regresi 0,013, dengan nilai signifikansi 0,000 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa debit air memiliki pengaruh yang bersifat positif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tinggi debit air yang digunakan, maka akan meningkatkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 10,1%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan debit air yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun

sisanya (89,9%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan debit air yang diterapkan. Selanjutnya, dijelaskan hasil analisis Regresi Eksponensial pada data *blackwater* yang diperoleh sore hari, khususnya terkait pengaruh debit air dengan tingkat kekeruhan.

Tabel 12.

Hasil analisis Regresi eksponensial pada data pengamatan sore

Variabel Bebas	Koefisien	Signifikansi	R ²	Persamaan
Debit air	0,010	0,002	7,7%	$Y = 145,536^{0,010 X} + e$

Sumber: Data penelitian diolah (2019)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa hasil analisis Regresi Eksponensial antara debit air dan kekeruhan pada pengolahan sore menunjukkan koefisien regresi 0,010, dengan nilai signifikansi 0,002 (< 0,05). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa debit air memiliki pengaruh yang bersifat positif signifikan terhadap kekeruhan air limbah yang diolah. Dengan kata lain, semakin tinggi debit air yang digunakan, maka akan meningkatkan tingkat kekeruhan. Koefisien determinasi yang didapatkan dari analisis regresi adalah 7,7%, di mana angka ini merepresentasikan pengaruh dari perlakuan debit air yang diterapkan terhadap tingkat kekeruhan air limbah yang diolah. Adapun sisanya (92,3%) merupakan persentase pengaruh dari variabel atau faktor lain, selain dari perlakuan debit air yang diterapkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode filtrasi dengan menggunakan arang batok kelapa mampu menurunkan tingkat kekeruhan pada limbah *blackwater*. Hasil pengolahan terbaik diperoleh dari perlakuan ketebalan pasir 30 cm, di mana hasil akhir pada sampel limbah *blackwater* pagi dan sore hari masing-masing adalah 22 dan 26 NTU. Bila dibandingkan dengan standar baku mutu, maka kadar tersebut telah memenuhi standar. Dengan hasil dan temuan yang telah di dapat, maka peneliti merekomendasikan penggunaan arang batok kelapa agar dapat digunakan secara luas dalam upaya pengolahan limbah *blackwater*. Meski demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh penggunaan filter arang batok kelapa terhadap penurunan parameter lain.

dreamlitera

DAFTAR PUSTAKA

- Adhibaswara, B., Prasetya, I.R., Nico, M., Muzdalifah, Z., 2011. Pengelolaan Air Secara Ekonomis dengan Penggunaan Tanggul Batang Kelapa Serta Penjernih Air Alami. Proceeding PgESAT (Psikologi, Ekonomi, Astra, Arsitektur Sipil) UniversitasGunadarma. Depok18-19 Oktober 2011, Vol.4, ISSN:1858-2559.
- Afandi, Y. Vari, Henna, R. Sunoko, dan Kismartini. 2013. Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. 10 Oktober 2013. ISBN 978-602-17001-1-2.
- Alhusin, Syahri. 2003. *Aplikasi Statistik Praktis dengan Menggunakan SPSS 10 for Windows*, Edisi Kedua. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asep, Sapei, M.Yanuar, Purwanto, Sutoyo, Allen, K. 2011. Desain Pengolahan limbah WC Komunal Masyarakat Pinggir Sungau Desa Lingkar kampus. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 10 Agustus 2011, hlm 91-99 ISSN 0853-4217.
- Arikunto, Suharsimi. 2002. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*, Edisi Revisi V, Jakarta: PT Rineka Cipta.

Cobb, Ami, Mikell, W., Edwin, P. Maurer, & Steven Chiesa. 2012. Low-Tech Coconut Shell Activated Charcoal Production. *International Journal for Service Learning in Engineering*. Vol. 7, No. 1, pp: 93-104.

Departemen Kesehatan. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan No.416/MENKES /PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.

Dubey, A. Kumar, dan O. Sahu, 2014. Review On Natural Methods For Wastewater Treatment. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. Vo.8, No.1, pp:89-97. doi: 10.4090/juee.2014.v8n1.089097.

Ghazali, Imam. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariat Dengan Program IBM SPSS 23*. Cetakan kedelapan. Universitas Diponegoro, Semarang.

Gianyar, I.B., Nurchayati, dan Yesung, A.P. 2012. Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol.2, No.2. ISSN: 2088-088X.

Ginting, Perdana, 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya. Bandung

[https://keltlogomas.malangkota.go.id/potensi-wilayah/pemberdayaan.../MCK-Terpadu/ Kelurahan Tlogomas Kota Malang.](https://keltlogomas.malangkota.go.id/potensi-wilayah/pemberdayaan.../MCK-Terpadu/Kelurahan-Tlogomas-Kota-Malang)

<https://yulianaputrisari.wordpress.com/2014/05/18/limbah-rumah-tangga/>

- Irianto, I. Ketut, 2015. *Pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa, Bali.
- Johnson, R. A., & Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Keputusan Kepala Bapedal No. 29 Tahun 1997. Standardisasi, Akreditasi dan Sertifikasi Bidang Lingkungan. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Lee, H., Sungduk, K., Kye-Won, J., Hyung-Keun, P., and Jae-Sung, P. 2016. The Effect of Groundwater Pumping and Infiltration on Seawater Intrusion in Coastal Aquifer. *Journal of Coastal Research*. No.75, pp:652–656. ISSN 0749-0208.
- Lismore City Council. 2003. The Use of Reed Beds for the Treatment of Sewage & Wastewater from Domestic Households. Department of Local Government's Septic Safe Program. New South Wales, Australia.
- MCK Terpadu, Kelurahan Tlogomas Kota Malang. [keltlogomas.malangkota.go.id>mck-terpadu](http://keltlogomas.malangkota.go.id/mck-terpadu).
<http://sosok.wordpress.com/2006/12/13/agus-gunarto-dan-kawasan-mck-terpadu/html>
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- M. Syamsiro, dan Harwin, S. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao; Pengaruh Temperatur Udara Preheat, Seminar Nasional.

Palmeira, E.M., R.J Fannin, dan Y.P Vaid., 2011. A Study on The Behaviour of soil – Geotextile Systems in Filtration Test. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol.33, No.6, pp:899-912. <https://doi.org/10.1139/t96-120>.

Pengelolaan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Tangki AG Malang dengan Tipe YIPD, www.yipd.or.id

Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010. Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Priyatno, Duwi. 2007. *Mandiri Belajar SPSS*, Cetakan Ketiga, Yogyakarta: Media Kom.

Said, Nusa I., 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.

Santoso, Singgih. 2000. *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. PT.Elex Media Komputindo. Jakarta.

Sekaran, Uma. 2006. *Research Methods For Business: Metodologi Penelitian untuk Bisnis*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.

Setiadji, Bambang A.H., 2011. Pengembangan Pengolahan Kelapa Terpadu untuk Industri Kecil di Pedesaan. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian, Badan Litbang Pertanian Vol.7, No. 2. ISSN: 1858-3504.

Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung: CV. Alfabeta.

Supranto, J. 2010. *Statistika*. Jakarta: Erlangga.

Tut Wuri Handayani: MCK Komunal, kompas/ Dahlia Irawati,
cetak 11 maret 2015.

<http://www.biokehidupan.blogspot.com>2015/03.html>

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.I., Ye, K. 2012. Probability and
Statistics For Engineers and scientists, 9th. Ed Prentice Hall.

Yasa, I Made Tapa, 2010. Pengendalian Pencemaran Industri Kecil
di Daerah Aliran Sungai Tukad Badung. Seminar Nasional
Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah. ISBN: 978-979-18342-
2-3.

dreamlitera

BIODATA PENULIS



A. Identitas Diri

Nama : Lies Kurniawati Wulandari
Bidang Keahlian : Teknik Sipil, Minat Sumber Daya Air
Unit Kerja : Dosen Tetap ITN Malang
NIP.P : 1031500485
NIDN : 0728076301
Jabatan Fungsional : Lektor
Alamat kantor : Jln. Bend. Sigura-gura No 2 Malang
Alamat Rumah : Jln. Ters. Bend. Sigura-gura B/32
malang

Tempat Tgl. Lahir	: Malang, 28 juli 1963
Email	: lieskwulandari@gmail.com
Ayah	: H.Sardjio Budisantoso (alm)
Ibu	: Hj. Titik Umiyati (almh)
Suami	: Sambodo
Anak	: Dimas Kurniawan Hartanto

B. Riwayat Pendidikan

1. S1 Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang (Februari 1989)
2. S2 Teknik Sipil-Sumber Daya Air, Universitas Brawijaya (Agustus 2001)
3. S3 Teknik Sipil-Sumber Daya Air, Universitas Brawijaya (Desember 2018)

C. Riwayat pekerjaan

1. Dosen Luar Biasa UNMER Malang (1990 – 1992)
2. Konsultan Wahana Adya Malang (1992 – 1997)
3. Dosen Tetap STTM (1997 – 2015)
4. Dosen Luar Biasa Widya Karya (1999 -2003)
5. Konsultan Supervisi di UNISMA (2001 – 2014)
6. Dosen Luar Biasa di UNISMA (2012 – sekarang)
7. Dosen Tetap ITN Malang (Juli 2015 – sekarang)