

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Sumber air limbah domestik adalah seluruh buangan cair yang berasal dari buangan rumah tangga seperti, buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, dan lainya (Yudo & Setiyono, 2008). Air limbah domestik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, *black water* dan *grey water*. *Black water* merupakan air limbah domestik yang berasal dari kakus, sedangkan *grey water* adalah air limbah domestik yang berasal dari *sink* dapur, wastafel dan *floor drain* kamar mandi. *Grey water* merupakan air limbah domestik yang kandungannya yang tidak sepekat *black water* dan berpotensi besar untuk dimanfaatkan kembali. *Grey water* hanya mengandung 10% kadar nitrogen dibanding *black water*. Selain itu, limbah jenis ini hanya sedikit mengandung bakteri patogen yang merugikan. Sekitar 60% air buangan rumah tangga merupakan *grey water* yang berpotensi besar dalam penghematan air jika air tersebut dapat digunakan kembali (Fauzan, 2017).

Pengolahan dan pemanfaatan air limbah menjadi salah satu solusi dalam mengatasi masalah ketersediaan air bersih sesuai dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Pada poin enam SDGs mengenai air bersih dan sanitasi, pengolahan dan pemanfaatan air limbah menjadi upaya dalam mencapai target pengolahan aliran air limbah sesuai standar nasional. Kurangnya pengolahan limbah domestik

dan industri menimbulkan bahaya kesehatan dan lingkungan yang serius di banyak kota, khususnya di negara sedang berkembang dimana 80%-90% limbah perkotaan tidak ditangani dengan tepat. Bahkan di negara maju, limbah belum ditangani secara keseluruhan. Tingkat limbah secara global terus meningkat secara eksponensial sebagai akibat dari cepatnya pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Besarnya volume limbah yang tidak ditangani langsung saja dibuang ke berbagai sumber air, dan mengancam kesehatan manusia, ekosistem, keanekaragaman hayati, ketahanan pangan, dan keberlanjutan sumber air. Oleh karenanya, indikator ini diusulkan untuk memantau penanganan air limbah pasca *Sustainable Development Goals* (SDGs) ditetapkan (Badan Pusat Statistik, 2014).

Salah satu limbah *grey water* yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali yaitu limbah air wudhu. Wudhu merupakan suatu kegiatan mensucikan diri dengan membasuh air pada bagian-bagian tubuh tertentu. Umat muslim di Indonesia, secara intensif menggunakan air untuk wudhu dalam jumlah yang cukup banyak. Berdasarkan hasil analisis penelitian (Arika, 2007), menunjukkan bahwa jumlah konsumsi air bersih yang digunakan untuk keperluan wudhu sebesar 14,60% dan merupakan terbanyak kedua dalam pemakaian air bersih rumah tangga setelah pemakaian untuk MCK.

Penggunaan air mengalir pada saat melakukan wudhu yang hanya untuk membasuh beberapa bagian tubuh membuat banyak air yang terbuang dan saat ini air bekas wudhu hanya dibuang secara langsung tanpa ada pemanfaatan lebih lanjut. Sedangkan, pengolahan dan pemanfaatan limbah air wudhu sendiri cukup mudah untuk dilakukan karena beban pencemar pada limbah air wudhu yang terbilang

ringan. Berdasarkan hasil penelitian (Mamun dkk.,2013) bahwa air bekas wudhu tidak terlalu tercemar dan dapat dengan mudah didaur ulang maupun digunakan kembali untuk keperluan kebersihan yang umum dan menyirami tanaman setelah melewati saringan pasir. Salah satu contoh potensi pemanfaatan limbah air wudhu, yaitu pada Masjid Istiqlal. Potensi air wudhu yang dapat digunakan kembali sebagai alternatif sumber air di Masjid Istiqlal mencapai 72,57 m³/hari dengan penghematan penggunaan air bersih hingga 30,55%. Berdasarkan tarif air bersih terhadap tarif rendah untuk rumah tangga, potensi penghematan biaya tahunan adalah Rp 15.697.000 (Salikha dkk., 2020). Teknologi yang digunakan merupakan integrasi antara pengolahan air limbah dan penjernih air, dengan sistem pengolahan air limbah menggunakan *floating treatment wetland*, *nano bubble generator* dan teknologi sensor untuk pemantauan kualitas air (Anonim¹, 2019).

Pada Masjid Ulul ‘Azmi, limbah air wudhu belum dilakukan pengolahan dan pemanfaatan lebih lanjut. Masjid Ulul ‘Azmi sendiri merupakan masjid utama dan terbesar yang dimiliki oleh Universitas Airlangga. Masjid ini terletak di area kampus C Universitas Airlangga, tepatnya di depan kantor manajemen Universitas Airlangga, Mulyorejo Surabaya. Dengan kapasitasnya yang besar, Masjid uluz ‘Azmi menjadi tempat ibadah utama untuk umat muslim di lingkungan kampus C Universitas Airlangga untuk sholat berjamaah. Sayangnya, saat ini Masjid Ulul ‘Azmi belum memiliki unit pengolahan air limbah dan untuk limbah air wudhu hanya dilakukan penyimpanan pada tanki penyimpanan bercampur dengan urine dan *grey water* masjid lainnya. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya unit pengolahan air limbah pada Masjid Ulul ‘Azmi untuk mengolah *grey water* agar

Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya unit pengolahan air limbah pada Masjid Ulul ‘Azmi untuk mengolah *grey water* agar dapat dengan aman digunakan kembali. Pengolahan *grey water* direncanakan terdapat dua rangkaian unit pengolahan secara terpisah dengan tujuan pengolahan yang berbeda. Rencana rangkaian unit pengolahan pertama yaitu, unit pengolahan untuk *grey water* dari limbah air wudhu. Sedangkan, rangkaian unit pengolahan kedua untuk *grey water* dari kegiatan perawatan masjid, peturasan dan *wastafel*. Alternatif unit pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah air wudhu menjadi air minum yaitu, bak pengumpul dan unit ultrafiltrasi. Bak pengumpul digunakan untuk untuk menampung debit air limbah sebelum dialirkan ke proses pengolahan selanjutnya. Pengolahan selanjutnya direncanakan menggunakan ultrafiltrasi. Ultrafiltrasi menggunakan membran dengan ukuran pori yang sangat kecil untuk memisahkan air dan zat terlarut dari makromolekul dan koloid. Diameter pori rata-rata membran berada pada kisaran 10-1000 Å (Baker, 2011). Penyaringan menggunakan membran sangat menjanjikan karena mampu menyisihkan partikulat, mikroorganisme, bakteri hingga virus, sehingga produk air yang dihasilkan bebas kontaminan. Ultrafiltrasi dianggap sebagai proses yang paling efisien dan ekonomis di antara semua jenis teknologi membran yang dilakukan untuk pengolahan air dan air limbah (Moslehyani dkk., 2019).

Pengolahan air limbah lainnya yang di Masjid Ulul ‘Azmi yaitu, mengolah dan memanfaatkan *grey water* dari kegiatan perawatan masjid, peturasan dan *wastafel* untuk kebutuhan penyiraman taman di lingkungan masjid. Alternatif unit pengolahan yang digunakan yaitu, bak pengumpul dan unit *anaerobic biofilter*.

Anaerobic biofilter merupakan salah satu alternatif pengolahan *grey water* yang dilakukan melalui proses anaerobik dengan media terlekat menggunakan biofilter. Pengolahan *anaerobic biofilter* ditandai dengan tumbuhnya biofilm yang menempel pada biofilter. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, jenis media biofilter menentukan keberhasilan proses pengolahan menggunakan *anaerobic biofilter*. Pertumbuhan biomassa pada biofilter merupakan indikasi dari keberhasilan proses adaptasi mikroorganisme terhadap limbah yang diolah (Chaudary dkk., 2003). Penelitian Aristiana dan Purnomo (2020) menyimpulkan bahwa pengolahan air limbah menggunakan *anaerobic biofilter* dengan media sarang tawon menghasilkan penurunan COD 88%, TSS 80%, dan ammonia 64%. Tujuan dilakukannya pengolahan *grey water* untuk penyiraman taman yaitu, untuk mendegradasi zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan maupun yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

Hasil dari pengolahan air limbah wudhu akan dimanfaatkan untuk air minum atau air bersih yang telah disesuaikan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Replubik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Selain itu, air hasil pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk berwudhu, toilet dan air bersih untuk kebutuhan masjid lainnya. Selanjutnya, untuk pemanfaatan *grey water* menjadi air penyiraman taman disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domeestik Pengolahan dan pemanfaatan kembali limbah air wudhu maupun *grey water* dari kegiatan lainnya Masjid Ulul ‘Azmi dilakukan sebagai

upaya konservasi air dan diharapkan dapat meminimalisir biaya penggunaan air bersih untuk segala aktifitas di sekitar lingkungan Masjid Ulul ‘Azmi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana kualitas serta kuantitas limbah air wudhu dan *grey water* pada Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga?
2. Bagaimana *Detail Engineering Design* (DED) bangunan pengolahan limbah air wudhu dengan merencanakan unit bak pengumpul dan unit ultrafiltrasi untuk Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga?
3. Bagaimana *Detail Engineering Design* (DED) bangunan pengolahan *grey water* dengan merencanakan unit bak pengumpul, dan unit *anaerobic biofilter* untuk Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga?
4. Berapa nilai profil hidrolis dan kebutuhan lahan dari perencanaan bangunan pengolahan limbah air wudhu dan *grey water* Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan ini adalah untuk:

1. Mengetahui kualitas serta kuantitas limbah air wudhu dan *grey water* pada Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.

2. Merencanakan *Detail Engineering Design* (DED) bangunan pengolahan limbah air wudhu dengan merencanakan unit bak pengumpul dan unit ultrafiltrasi untuk Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.
3. Merencanakan *Detail Engineering Design* (DED) bangunan pengolahan *grey water* dengan merencanakan unit bak pengumpul dan unit *anaerobic biofilter* untuk Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.
4. Menghitung nilai profil hidrolis dan kebutuhan lahan dari perencanaan bangunan pengolahan limbah air wudhu dan *grey water* Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.

1.4 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah untuk mendapatkan desain unit pengolahan limbah air wudhu dan *grey water* sesuai dengan karakteristik air limbah dan tujuan pengolahan yang akan diterapkan pada Masjid Ulul ‘Azmi. Selanjutnya air hasil dari pengolahan yang telah direncanakan akan digunakan untuk kebutuhan air bersih di lingkungan Masjid Ulul ‘Azmi seperti, kebutuhan air minum, air wudhu, toilet, penyiraman taman dan kebutuhan sanitasi lainnya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini hanya merencanakan unit pengolahan air limbah wudhu dan *grey water* Masjid Ulul ‘Azmi. Peneliti tidak melakukan perencanaan ulang

sistem penyaluran air limbah dan distribusi air hasil pengolahan pada Masjid Ulul ‘Azmi.

2. Debit limbah air wudhu didapatkan dari total air yang digunakan untuk berwudhu dengan asumsi penggunaan air sebesar 4,42 Liter/orang.
3. Debit *grey water* didapat dari total air yang digunakan untuk peturasan, *wastafel*, dan kegiatan perawatan masjid.
4. Karakteristik limbah air wudhu dan *grey water* yang didapatkan melalui studi literatur penelitian terdahulu.
5. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED), meliputi:
 - a. Unit bak pengumpul dan unit ultrafiltrasi untuk pengolahan limbah air wudhu Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.
 - b. Unit bak pengumpul dan unit *anaerobic biofilter* untuk pengolahan *grey water* Masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga.
6. Kualitas efluen yang dihasilkan dari pengolahan limbah air wudhu menjadi air minum disesuaikan dengan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Replubik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
7. Kualitas efluen yang dihasilkan dari pengolahan *grey water* disesuaikan dengan baku mutu air limbah domestik Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domeestik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Masjid Ulul Azmi merupakan masjid terbesar yang dimiliki oleh Universitas Airlangga. Masjid ini merupakan masjid kedua yang dimiliki oleh Universitas Airlangga, setelah masjid Nuruzzaman yang dibangun di area kampus B Universitas Airlangga. Masjid ini terletak di area kampus C Universitas Airlangga, tepatnya di depan kantor manajemen Universitas Airlangga, Mulyorejo Surabaya.

Masjid ini terdiri dari 3 lantai. Lantai pertama terdiri dari tempat wudhu laki-laki dan perempuan dan aula bawah. Aula bawah ini biasa digunakan sebagai tempat kajian rutin remaja Masjid Ulul ‘Azmi dan pertemuan penting yang biasa diselenggarakan di Masjid Ulul ‘Azmi. Lantai kedua merupakan ruang utama masjid yang difungsikan untuk sholat bagi jamaah laki-laki. Samping ruang utama masjid terdapat serambi yang biasa difungsikan untuk kegiatan keagamaan lainnya. Lantai ketiga merupakan tempat sholat bagi jamaah perempuan (Anonim²,2021).

2.2 Air Limbah

Air limbah (*wastewater*) adalah istilah umum untuk limbah cair yang sebagian besar cairannya adalah air. Limbah cair (*liquid waste*) adalah limbah yang berwujud cair yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi untuk jenis kegiatan penghasilnya. Kandungan di dalam air limbah tidak selalu berupa zat cair, namun juga terdapat padatan dan gas yang proporsinya jauh lebih kecil daripada zat cair. Karakteristik

air limbah dari proses produksi ditentukan oleh penggunaan air, bahan baku, bahan pendukung, dan energi. Di dalam air limbah terdapat kandungan kelompok pencemar, yaitu kumpulan dari berbagai jenis pencemar di dalam air limbah yang memiliki kesamaan karakteristik pencemar atau kesamaan jenis, dampak yang dapat ditimbulkannya, atau kesamaan cara pengolahannya (Yuwono & Adinugroho, 2006).

Adapun beberapa kelompok pencemar di dalam air limbah, antara lain (Yuwono & Adinugroho, 2006):

- Organik terurai (*biodegradable organics*), terdiri atas senyawa organik yang dapat diuraikan oleh mikroba, seperti karbohidrat, protein, sukrosa, glukosa, dan lemak.
- Organik sulit terurai (*non-biodegradable organics*), terdiri atas berbagai jenis senyawa organik yang sangat sulit diuraikan oleh mikroba, seperti: pestisida, herbisida, deterjen, minyak, dan oli.
- Nutrien (*nutrients*), merupakan berbagai unsur kimia yang dibutuhkan tumbuhan, seperti senyawa fosfat dan senyawa nitrogen.
- Sedimen, terdiri atas berbagai jenis padatan yang dapat mengendap karena beratnya, seperti pasir, tanah, dan lumpur.
- Padatan tersuspensi (*suspended solids*), terdiri atas berbagai jenis padatan dengan ukuran dan berat lebih kecil sehingga tidak dapat mengendap sendiri.
- Apungan (*floatable materials*), yaitu berbagai jenis cairan atau padatan yang berat jenisnya lebih rendah dari air sehingga mengapung di permukaan air.

- Logam berat (*heavy metals*), yaitu senyawa kimia yang digolongkan sebagai logam berat, seperti raksa (Hg), kadmium (Cd), dan krom (Cr).
- Anorganik terlarut (*dissolved inorganics*), merupakan senyawa kimia terlarut yang mengandung unsur anorganik, seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sianida (CN).
- Asam-basa (*acid-alkali*), yaitu senyawa asam atau senyawa basa, seperti asam sulfat (H_2SO_4), kapur (CaO), dan soda kostik (NaOH).
- Patogen, yaitu berbagai jenis mikroba yang dapat menimbulkan gangguan pada kesehatan manusia, antara lain dari jenis bakteri, virus, protozoa, dan sebagainya.

2.3 Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI Nomor 04 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik disebutkan pada pasal 1 ayat 1 bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Dengan demikian tidak hanya limbah industri yang dapat menyebabkan pencemaran, melainkan limbah domestik juga dapat menjadi penyebab pencemaran (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017).

Dalam pengelolaan air limbah domestik, semua sumber air limbah domestik umumnya digabungkan menjadi satu pengelolaan. Air limbah domestik sendiri dapat dikategorikan berdasarkan sumber air limbah, kualitas, dan karakteristik. Air

limbah domestik dapat dibagi menjadi dua jenis air limbah berdasarkan sumbernya, yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* adalah air limbah domestik yang berasal dari kegiatan toilet. *Grey water* adalah air limbah domestik yang berasal dari dapur, wastafel, cuci pakaian dan semua air limbah selain *black water* (Gallagher & Sharvelle, 2010).

2.4 Kuantitas Air Limbah

Data kuantitas air limbah atau perkiraan debit air limbah merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan IPAL, hal ini dikarenakan debit air limbah menentukan jenis dan kapasitas bangunan dalam perencanaan IPAL. Adanya variasi dalam debit yang dihasilkan akan menimbulkan efek terhadap bangunan IPAL secara hidrolis, sehingga diperlukan analisis terlebih dahulu terhadap data yang ada (Qasim, 1999).

Berdasarkan analisis tersebut, akan diperoleh data sebagai berikut (Qasim, 1999):

1. Debit harian rata-rata (Q_{ave})

Debit harian rata-rata diperoleh dari data selama satu hari dari data penggunaan air selama periode 1 tahun. Data ini digunakan untuk melakukan penentuan rasio debit untuk desain, pemompaan, *sludge solids* dan *organic loading rates*. Dalam melakukan perhitungan kuantitas atau debit rata-rata air limbah, digunakan perhitungan berdasarkan debit air bersih yang dikonsumsi. Debit air limbah diasumsikan sebanyak 80% dari debit air bersih. Berdasarkan

asumsi tersebut, maka digunakan rumus sebagai berikut (Ulya & Marsono, 2014):

$$Q_{ave} \text{ air limbah} = 80\% \times Q \text{ air bersih} \times \text{jumlah penduduk} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q_{ave} air limbah = debit harian rata-rata air limbah (m^3/hari)

Q air bersih = debit air bersih (m^3/hari)

2. Debit harian maksimum (Q_{max})

Debit harian maksimum (Q_{max}) merupakan debit maksimum yang terjadi selama satu hari dari data penggunaan air selama periode 1 tahun. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perencanaan unit IPAL yang di desain menggunakan waktu retensi, seperti bak ekualisasi dan tangki klorinasi. Debit harian maksimum (Q_{max}) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Ulya & Marsono, 2014):

$$Q_{max} = f_{max} \times Q_{ave} \quad (2.2)$$

Keterangan:

Q_{max} = Debit harian maksimum (m^3/hari)

f_{max} = Faktor rasio kondisi debit harian maksimum

Q_{ave} = Debit rata-rata harian (m^3/hari)

3. Debit jam puncak

Debit jam puncak (Q_{peak}) merupakan data penggunaan air maksimum dalam satu hari (24 jam). Data ini berguna untuk mendesain pipa penyalur air buangan, sistem pemompaan, serta berbagai saluran yang terdapat di IPAL. Debit jam puncak (Q_{peak}) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Ulya & Marsono, 2014):

$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_{\text{ave}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Q_{peak} = Debit jam puncak (m^3/hari)

f_{peak} = Faktor rasio kondisi debit jam puncak

Q_{ave} = Debit rata-rata harian (m^3/hari)

4. Debit harian minimum (Q_{min})

Data harian minimum (Q_{min}) merupakan debit minimum yang terjadi selama kurun waktu satu hari dari data penggunaan air selama 1 tahun. Data ini akan digunakan sebagai pembatas dalam desain unit IPAL, hal ini dikarenakan jika debit yang ada lebih kecil dari debit minimum dapat menyebabkan terjadinya pengendapan solid yang tidak diharapkan. Debit harian minimum (Q_{min}) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Ulya & Marsono, 2014):

$$Q_{\text{min}} = f_{\text{min}} \times Q_{\text{ave}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$Q_{\min}$ = Debit harian minimum (m^3/hari)

$f_{\min}$ = Faktor rasio kondisi debit harian minimum

Q_{ave} = Debit rata-rata harian (m^3/hari)

2.5 Sistem Pengolahan Air Limbah

Pada prinsipnya pengolahan limbah cair adalah menghilangkan atau mengurangi pencemar yang terdapat dalam air limbah, sehingga air hasil olahan dapat dimanfaatkan kembali dan tidak menimbulkan kerusakan lingkungan apabila dibuang ke tanah atau badan air penerima. Tujuan dari pengolahan limbah cair adalah untuk mengurangi penyebaran penyakit yang disebabkan oleh organisme patogen dalam air limbah dan mencegah polusi pada air permukaan dan air tanah (Metcalf & Eddy, 2003).

Teknik pengolahan air limbah diklasifikasikan menjadi dua jenis pengolahan, yaitu sebagai berikut:

1. Jenis pengolahan berdasarkan proses

Secara umum dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu pengolahan fisik, kimia, dan biologis. Berikut uraian dari masing-masing pengolahan.

a) Pengolahan fisik, yaitu pengolahan dengan menggunakan penyisihan bahan pencemar secara fisik. Unit pengolahannya meliputi screening, communitor, *grit removal*, bak ekualisasi, *mixing dan flocculation*, sedimentasi, flotasi, oxygen transfer, aeration systems, filtrasi, adsorpsi, dan presipitasi.

b) Pengolahan kimia, yaitu pengolahan yang bertujuan untuk menghilangkan partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam berat, senyawa fosfat dan organik beracun. Contoh pengolahan secara kimia meliputi proses koagulasi dan flokulasi, desinfeksi, penyisihan fenol dengan mengoksidasi dengan kalsium permanganat, aerasi, ozon, hidrogen peroksida.

c) Pengolahan biologis, umumnya diterapkan untuk semua air limbah yang bersifat biodegradable. Pengolahan ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan kontaminan-kontaminan dalam air limbah. Pengolahan ini dibedakan menurut pemakaian oksigennya meliputi proses aerobik, anaerobik, dan fakultatif.

2. Jenis pengolahan berdasarkan urutan proses pengolahan

Menurut Sugiharto (2008), secara umum jenis pengolahan berdasarkan urutan proses pengolahan dikelompokkan menjadi enam bagian, yaitu pengolahan pendahuluan (*pretreatment*), pengolahan pertama (*primary treatment*), pengolahan kedua (*secondary treatment*). Berikut uraian dari masing-masing pengolahan.

a) Pengolahan pendahuluan, bertujuan untuk memisahkan material terapung (berukuran besar) dan mengendapkan material diskrit yang dapat menimbulkan masalah operasi dan pemeliharaan dalam keseluruhan sistem operasi dan proses pengolahan. Unit pengolahan pendahuluan meliputi screening dan grit chamber untuk menghilangkan bahan-bahan kasar

tersuspensi yang dapat menimbulkan penyumbatan serta kerusakan pada alat seperti pompa, aerator, dan lain sebagainya (Metcalf & Eddy, 2003).

b) Pengolahan pertama, bertujuan untuk menghilangkan padatan tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pemisahan dilakukan dengan operasi fisik seperti pengendapan atau sedimentasi, flotasi, kolam perangkap minyak (*oil trap*), dan *oil separator tank*. Adanya pengendapan ini akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara gravitasi. Selain operasi fisik, pemisahan dapat dilakukan secara operasi kimia dengan adanya penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur. Pemisahan operasi kimia dapat dilakukan dengan proses koagulasi dan flokulasi (Sugiharto, 2008).

c) Pengolahan kedua, umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik menggunakan mikroorganisme. Pengolahan ini sangat dipengaruhi oleh faktor jumlah air limbah, tingkat dan jenis kekotoran. Contoh pengolahan kedua, yaitu *activated sludge*, *trickling filter*, bak aerasi, saringan pasir, kolam anaerob, dan bak stabilisasi (Sugiharto, 2008).

2.5.1 Bak/sumur pengumpul

Bangunan bak atau sumur pengumpul pada inlet sub-sistem pengolahan terpusat merupakan salah satu bangunan pendukung yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik dari sub-sistem pengumpulan. Bangunan inlet

penting untuk direncanakan karena umumnya posisi sub-sistem pengumpulan yang menuju ke sub-sistem pengolahan terpusat berada pada elevasi yang rendah di bawah permukaan tanah sehingga memerlukan upaya pemompaan untuk menaikkan elevasi air agar dapat dialirkan secara gravitasi ke setiap unit pengolahan (Cipta Karya, 2018).

Perencanaan bak atau sumur pengumpul bergantung pada tipe, konfigurasi, dan kontrol (konstan atau variabel kecepatan atau elevasi muka air) pompa yang digunakan. Sumur pengumpul direncanakan dengan kapasitas yang cukup besar untuk mencegah kerja pompa yang terus menerus. Namun, kapasitas sumur pengumpul juga harus memerhatikan waktu detensi yang tidak terlalu lama sehingga berpotensi mengakibatkan terjadi proses biologi yang menimbulkan bau berlebihan. Oleh karena itu, waktu detensi yang dapat digunakan dalam sumur pengumpul yakni < 10 menit (merujuk pada Permen PUPR No. 04 Tahun 2017). Penentuan volume dapat dilakukan dengan menghitung waktu detensi yang telah ditetapkan dengan debit air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul. Persamaan yang dapat digunakan, yakni:

$$V = \frac{900 Q_p}{S} \quad (2.5)$$

Keterangan:

V = volume antara *level switch-on* dan *switch-off* (m^3)

Q_p = Debit puncak ($m^3/detik$)

S = Waktu siklus (detik), dengan kriteria:

- ≤ 6 kali untuk dry pit motor (≤ 20 kW)

- 4 kali untuk dry pit motor (25-75 kW)
- 2 kali untuk dry pit motor (100-200 kW)
- 10 kali untuk pompa selam

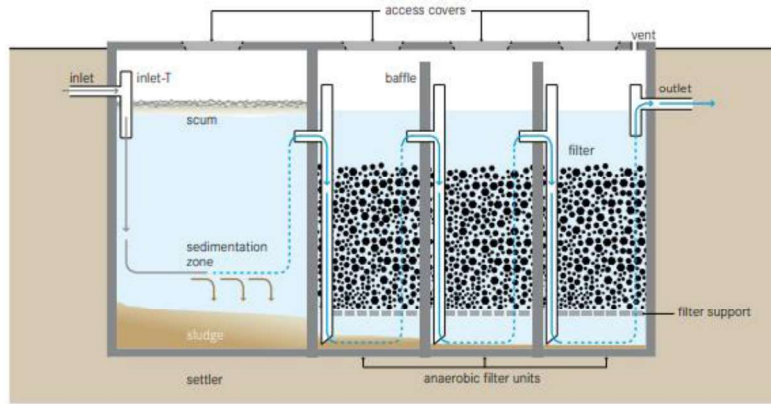
Kedalaman sumur pengumpul direncanakan dengan mempertimbangkan jenis atau tipe pompa. Setiap pompa memiliki ketinggian air minimum untuk menjaga operasional pompa dapat berjalan dengan baik. Selanjutnya, penentuan dimensi, panjang dan lebar, sumur pengumpul dapat ditentukan menyesuaikan dengan kondisi lahan. Pengaliran air limbah domestik dengan menggunakan pompa pada sumur pengumpul dilakukan dengan menggunakan elevasi muka air sebagai kontrol operasional pompa. Oleh karena itu, terdapat ruang kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan operasional mekanikal dan elektrik pompa secara otomatis (Cipta Karya, 2018).

2.5.2 *Anaerobic biofilter*

Anaerobic biofilter merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan terlekat atau *fixed-bed*. Air limbah domestik dalam reaktor ini mengalir melalui filter sehingga partikel terjebak dan bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media. Air limbah domestik mengalir/lewat di antara media dan mikroba yang akan menguraikan bahan organik terlarut dan organik tersuspensi di dalam air limbah domestik, sehingga terjadi pengurangan kandungan organik pada efluen. Dengan adanya media yang menjadi tempat berkembangnya bakteri membentuk lendir/film akibat fermentasi oleh enzim bakteri terhadap bahan organik yang ada dalam air limbah. Film ini akan menebal menutupi aliran air limbah dicelah diantara media filter tersebut, sehingga perlu dilakukan pencucian

terhadap media dengan metode back wash secara periodik (Tilley dkk., 2014).

Sistem pengolahan *anaerobic biofilter* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem *Anaerobic biofilter*
(Sumber: Tilley dkk., 2014)

Anaerobic biofilter merupakan teknologi pengolahan limbah yang mudah diaplikasikan dan dapat diterapkan dalam skala kecil maupun skala besar. *Anaerobic biofilter* dapat digunakan sebagai pengolahan sekunder atau bahkan pengolahan primer untuk mengurangi tingkat beban organik. *Anaerobic biofilter* cocok diterapkan untuk area dengan lahan yang terbatas karena tanki *anaerobic biofilter* sendiri dapat dipasang dibawah tanah dan hanya membutuhkan area yang kecil (Tilley dkk., 2014).

1) Kriteria desain

Sistem *anaerobic biofilter* dalam pengoperasiannya harus memperhatikan kriteria tertentu. Kriteria desain *anaerobic biofilter* disesuaikan dengan Cipta karya (2018) yang menyebutkan standar persyaratan teknis perencanaan instalasi unit *anaerobic biofilter*. Kriteria desain unit *anaerobic biofilter* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria desain *anaerobic biofilter*

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Waktu retensi hidraulik	jam	12-96
2.	Beban organik	kg COD/m ³ .hari	0,2-15
3.	Luas permukaan media filter	m ² /m ³	90-300
4.	Diameter media filter	mm	12-55
5.	Tinggi air di atas media	m	≥ 0,2
6.	Jarak plat penyangga media dengan dasar bak	m	0,5-0,6

Sumber: Cipta Karya (2018)

2) Rumus perhitungan

Adapun langkah perhitungan dalam perencanaan unit *anaerobic biofilter* menurut Cipta Karya (2018) adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan kebutuhan volume biofilter:

- Menghitung beban BOD dalam satu hari dengan rumus.

$$\text{Beban BOD} = Q_{\text{ave}} \times \text{konsentrasi BOD}_{\text{in}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

Beban BOD = Nilai beban BOD (kgBOD/hari)

Q_{ave} = Volume biofilter (m³)

konsentrasi BOD_{in} = konsentrasi BOD influen (kg/m³)

- Menghitung volume media filter yang dibutuhkan dengan rumus.

$$V_{\text{media}} = \frac{\text{beban BOD}}{\text{kapasitas beban organik}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

V_{media} = Volume media filter (m³)

Beban BOD = Nilai beban BOD (kgBOD/m³.hari)

Kapasitas beban organik = Kapasitas beban organik media
 sd(kgBOD/m³.hari)

2. Menghitung dimensi ruang biofilter:

- Menghitung luas penampang biofilter dengan rumus.

$$A = \frac{V}{T} \quad (2.8)$$

Keterangan:

A = Luas penampang biofilter (m²)

V = Volume biofilter (m³)

T = Tinggi media (m)

- Menghitung panjang dan lebar kompartemen dengan rasio 1:3.
- Memeriksa kesesuaian kecepatan aliran dalam biofilter dengan rumus.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

Keterangan:

v = Kecepatan aliran (m/jam)

Q = Debit influen (m³/jam)

A = Luas penampang biofilter (m²)

- Menghitung kedalaman biofilter dengan rumus.

$$H = T + \frac{(V - V_{media})}{A} \quad (2.10)$$

Keterangan:

H = Kedalaman kompartemen (m)

T = Tinggi media (m)

V = Volume biofilter (m^3)

$V_{\text{media filter}}$ = Volume media filter

A = Luas penampang biofilter (m^2)

- Menghitung total volume aktif biofilter dengan rumus

$$V_{\text{biofilter}} = P \times L \times H \times n \quad (2.11)$$

Keterangan:

$V_{\text{biofilter}}$ = total volume aktif biofilter (m^3)

P = Panjang kompartemen (m)

L = Lebar kompartemen (m)

H = Kedalaman kompartemen (m)

n = jumlah kompartemen

- Memeriksa kesesuaian HRT dengan kriteria desain dengan rumus.

$$HRT = \frac{V_{\text{total}}}{Q} \quad (2.12)$$

Keterangan:

HRT = Waktu retensi hidraulik (jam)

V_{total} = total volume aktif biofilter (m^3)

Q = Debit influen (m^3/jam)

3. Menghitung total volume *anaerobic biofilter* dengan rumus.

$$V_{\text{ABF}} = V_{\text{sedimentasi}} + V_{\text{biofilter}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

V_{ABF} = Total volume unit *anaerobic biofilter* (m^3)

$V_{\text{sedimentasi}}$ = Total volume zona sedimentasi (m^3)

$V_{\text{biofilter}}$ = Total volume biofilter (m^3)

5. Menghitung dimensi area pengendapan:

- HRT pada area pengendapan diasumsikan.
- Lebar dan kedalaman mengikuti dimensi area sekat.
- Panjang area pengendapan dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\text{HRT} \times Q_{\text{ave}}}{L \times D} \quad (2.15)$$

Keterangan:

P = Panjang (m)

HRT = Waktu retensi hidraulik (hari)

Q_{ave} = Debit rata-rata air limbah (m^3/hari)

L = Lebar (m)

D = Kedalaman (m)

- Menghitung volume bak pengendapan dengan rumus:

$$V_{\text{bak}} = P \times L \times D \quad (2.16)$$

Keterangan:

V_{bak} = Volume bak pengendap (m^3)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

D = Kedalaman (m)

- Cek waktu retensi hidraulik dengan rumus:

$$\text{HRT} = V_{\text{bak}} : Q_{\text{ave}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

HRT = Waktu retensi hidraulik (hari)

$$V_{\text{bak}} = \text{Volume bak pengendap (m}^3\text{)}$$

$$Q_{\text{ave}} = \text{Debit rata-rata air limbah (m}^3\text{/hari)}$$

6. Menghitung dimensi area total ABR dengan rumus:

$$V_{\text{ABR}} = V_{\text{bak pengendapan}} + V_{\text{area sekat}} \quad (2.18)$$

2.5.3 Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses pemisahan menggunakan membran dengan ukuran pori-pori berkisar antara 0,1-0,001 μm (mikron). Biasanya, membran UF akan menghilangkan kotoran dari zat yang mempunyai berat molekul tinggi, material koloid, serta molekul polimer organik atau anorganik. Zat organik dengan berat molekul rendah dan ion ion seperti natrium, kalsium, magnesium klorida, serta sulfat tidak dapat dipisahkan oleh membran UF. Karena hanya zat dengan berat molekul tinggi yang dapat dihilangkan atau dipisahkan. Air yang akan diolah dialirkan secara tangensial ke sepanjang permukaan membran, sehingga menghasilkan dua aliran. Aliran air yang masuk dan meresap melalui membran disebut aliran air olahan (*permeate*). Jumlah dan kualitas air olahan akan tergantung pada karakteristik membran, kondisi operasi, serta kualitas air bakunya. Aliran lainnya yaitu aliran air buangan (*reject*) atau disebut *concentrate*, dimana di dalam aliran air buangan mengandung zat atau kotoran yang telah dipisahkan oleh membran sehingga konsentrasinya menjadi lebih pekat. Oleh karena itu di dalam pemisahan secara aliran silang (*cross-flow*), membran itu sendiri tidak bertindak sebagai kolektor ion, molekul, atau koloid tetapi hanya bertindak sebagai penghalang (Said, 2018).

Dalam proses penyaringan dengan menggunakan filter konvensional, media penyaring atau *filter cartridge*, hanya menghilangkan padatan tersuspensi dengan menjebak kotoran dalam pori-pori media filter. Oleh karena itu filter ini bertindak sebagai deposit dari padatan tersuspensi dan harus sering dibersihkan atau diganti. Dalam proses ultrafiltrasi, untuk beberapa aplikasi, tidak menggunakan filtrasi awal (prefilter) sehingga modul ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau material emulsi koloid. Berbagai bahan telah digunakan untuk membran ultrafiltrasi secara komersial, tetapi yang paling banyak dipakai adalah polysulfone dan selulosa asetat (Said, 2018).

1) Kriteria desain

Unit ultrafiltrasi dalam pengoperasiannya harus memperhatikan kriteria tertentu. Kriteria desain unit ultrafiltrasi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Desain Unit Ultrafiltrasi

No	Parameter	Nilai
1.	<i>Permeate flux</i>	30-170 L/m ² .h
2.	Tekanan transmembran	20-100 kPa
3.	Luas membran/modul	8-70 m ² /modul
4.	Modul/rak	2-300
5.	Dimensi modul	
	Diameter	100-300 mm
	Panjang	1-6 m
6.	Waktu penyaringan	30-90 min
7.	Backwash	
	Durasi	1-5 min
	Tekanan	35-350 kPa
	Laju aliran	6 L/min/m ²

Sumber: Mackenzie (2010)

2) Rumus perhitungan

Adapun langkah perhitungan dalam perencanaan unit ultrafiltrasi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung total modul yang dibutuhkan dengan rumus:

$$n_{\text{modul}} = \frac{Q_{\text{max}}}{\text{Kapasitas} \times t} \quad (2.19)$$

Keterangan:

n_{modul} = Luas membran (m^2)

Q_{max} = Debit maksimum (l/hari)

Kapasitas = kapasitas produksi (l/jam)

t = waktu pengolahan (jam)

2. Menghitung volum modul yang digunakan dengan rumus:

$$V = A \times T \quad (2.20)$$

Keterangan:

V = Volume (m^3)

A = Luas penampang (m^2)

T = Tinggi (m)

2.6 Baku Mutu Air Minum

Berdasarkan peruntukan air hasil pengolahan limbah air wudhu, baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Parameter yang disyaratkan untuk air minum dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Minum

No	Jenis parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan a. Parameter Mikrobiologi		

No	Jenis parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/L	0,01
	2) Fluorida	mg/L	1,5
	3) Total Kromium	mg/L	0,05
	4) Kadmium	mg/L	0,003
	5) Nitrit	mg/L	3
	6) Nitrat	mg/L	50
	7) Sianida	mg/L	0,07
	8) Selenium	mg/L	0,01
2	Parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) TDS	mg/L	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/L	0,2
	2) Besi	mg/L	0,3
	3) Kesadahan	mg/L	500
	4) Khlorida	mg/L	250
	5) Mangan	mg/L	0,4
	6) pH		6,5-8,5
	7) Seng	mg/L	3
	8) Sulfat	mg/L	250
	9) Tembaga	mg/L	2
	10) Amonia	mg/L	1,5

Sumber: Menteri Kesehatan Replubik Indonesia (2010)

2.7 Baku Mutu Air Limbak Domestik

Berdasarkan air limbah yang akan dilakukan pengolahan baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domeestik. Parameter yang disyaratkan untuk air penyiraman taman dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Kelas 1
1	pH		6-9
2	BOD	mg/l	30
3	COD	mg/l	100
4	TSS	mg/l	30
5	Minyak & Lemah	mg/l	5
6	Amoniak	mg/l	10
7	Total Coliform	mg/l	3000

Sumber: Peraturan Pemerintah Replublik Indonesia (2021)

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai perencanaan unit pengolahan limbah *grey water* dan limbah air wudhu masjid Ulul ‘Azmi, Universitas Airlangga didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu. Berbagai penelitian terdahulu mengenai pengolahan *grey water* dan limbah air wudhu yang digunakan sebagai salah satu acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Judul	Hasil
1.	Putri dkk., 2016	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	Hasil perhitungan perencanaan instalasi pengolahan greywater dengan debit pengolahans sebesar 85,56 m ³ /hari menggunakan bak

No.	Nama	Judul	Hasil
		<i>Grey Water</i> Di Asrama Rusunawa Universitas Sriwijaya, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan	biofilter anaerob yang direncanakan berdimensi p x l x t sebesar 4,5 m x 3 m x 2,5 m.
2.	Bahagia dan Nazar., 2018	Analisis Pengelolaan Air Bekas Wudhu' Jamaah Mesjid Jamik Lambaro Kabupaten Aceh Besar	Berdasarkan pengolahan air wudhu dengan kombinasi pasir memiliki penurunan efesiensi BOD ₅ sebesar 95%. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa kandungan BOD ₅ yaitu 17 mg/l, nilainya dibawah baku mutu yaitu 50 mg/l. E.colli/total coliform yaitu 0 dari 100 ml yang memenuhi baku mutu sesuai dengan Kep.Men LH RI No 5 tahun 2014. Hasil analisis suhu/temperatur yaitu 28,9 °C dan pH yaitu 7,34
3.	Hadisantoso dkk., 2018	Pengolahan Limbah Air Wudhu Wanita dengan Metode Aerasi dan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif	Hasil penelitian ini menunjukkan penanganan limbah air wudhu dapat meningkatkan kondisi air menjadi. Lebih baik dan dapat mengembalikan kondisi air ke kondisi awal (air baku). Kondisi limbah air wudhu setelah pengolahan adalah memiliki pH 8,40; DO 8,7 mg/L; TSS 0 mg/L; COD 7,4 mg/L; BOD ₅ 2,3 mg/L; Minyak Lemak 7,2 mg/L; Warna 24 unit Pt-Co; Tidak berbau; dan E. Coli < 3. Maka air hasil olahan ini masuk dalam kategori kelas IV, yaitu air untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik.

No.	Nama	Judul	Hasil
4.	Arrozaq, 2021	Rencana Pengelolaan Air bekas Wudhu di Masjid Raya Klaten	Hasil penelitian ini adalah desain pengelolaan air bekas wudhu masjid raya klaten meliputi filter dan bak penampung. Ukuran bak filter panjang 200 cm, lebar 60 cm dan tinggi 150 cm dengan panjang bak pasir 80 cm, bak zeolit 40 cm, bak arang aktif 30 cm, bak kerikil 30 cm. Kemampuan filter 1 menurunkan kekeruhan sebesar 84,78 %, nitrat sebesar 41,67 %, BOD sebesar 16,14 %, dan COD sebesar 60,91 %. Kemampuan filter 2 menurunkan kekeruhan sebesar 85,04 %, dan nitrat sebesar 58,34 %. Kemampuan filter 3 menurunkan menurunkan kekeruhan sebesar 87,62 %, dan nitrat sebesar 70 %. Filter dengan variasi ketebalan pasir menghasilkan kualitas air bekas wudhu dengan parameter kekeruhan, TDS, nitrat, kesadahan CaCO_3 , mangan (Mn), BOD, COD yang memenuhi batas persyaratan air higienis.

Perbedaan mendasar dari penelitian ini dengan penelitian terdahulu terdapat pada tujuan pengolahan air limbah. Pada penelitian terdahulu limbah air wudhu diolah untuk digunakan kembali untuk kebutuhan penyiraman taman, sedangkan pada penelitian limbah air wudhu direncanakan untuk diolah kembali menjadi air bersih siap minum. Pada pengolahan *grey water* perbedaan terletak pada lingkup pengolahan air limbah.