

Perancangan Sewage Treatment Plant (STP) sebagai Implementasi Aspek Green Building pada Apartemen Samasta Mahata Margonda Depok

Putri Arum Puspitasari¹, Satyanto Krido Saptomo¹ dan Joana Febrita^{1*}

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

* Penulis koresponden: joanafebrita@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Peningkatan pertumbuhan penduduk menyebabkan naiknya jumlah limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan perkantoran. Konsep *green building* harus diterapkan terutama aspek konservasi air agar penggunaan air dapat berjalan dengan optimal. Salah satu upaya untuk mengolah air limbah domestik di Apartemen Samasta Mahata Margonda adalah penggunaan *Sewage Treatment Plant (STP)*. Penelitian ini bertujuan merencanakan STP, melakukan identifikasi potensi penggunaan kembali air hasil pengolahan, serta melakukan penilaian green building kategori konservasi air. Unit pengolahan air limbah yang digunakan antara lain *bar screen*, *grit chamber*, ekualisasi, *suspended growth*, sedimentasi sekunder, *ammonia stripping*, *reverse osmosis*, dan klorinasi. Konsentrasi akhir dari parameter air limbah BOD, COD, TSS, dan ammonia setelah melewati unit *reverse osmosis* sebesar 0,54 mg/L, 2,52 mg/L, 10,72 mg/L, dan 4,79 mg/L sehingga sudah memenuhi baku mutu standar aliran kelas 2 untuk penggunaan kembali air daur ulang. Penghematan air yang dapat dicapai untuk siram tanaman dan siram toilet adalah 56% atau 156,5 m³/hari dari total kebutuhan air bersih 276 m³/hari. Hasil penilaian green building kategori konservasi air pada proses pembangunan Apartemen Samasta Mahata Margonda mendapatkan 9 poin dari total 21 poin maksimum.

Kata kunci: *Greenship*; konservasi air; limbah cair domestik; *sewage treatment plant*.

Diterima: 02 November 2022

Disetujui: 25 November 2022

Sitasi:

Puspitasari, P.A.; Saptomo, S.K.; Febrita, J. Perancangan *Sewage Treatment Plant (STP)* sebagai Implementasi Aspek *Green Building* pada Apartemen Samasta Mahata Margonda Depok. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2022; 7 (3): 211-220., <https://doi.org/10.29244/jsil.7.3.211-220>

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk akibat urbanisasi mengakibatkan pembangunan apartemen di Indonesia terutama di perkotaan ikut meningkat. Menurut Badan Pusat Statistik, nilai konstruksi gedung Indonesia pada tahun 2020 mencapai Rp 438,941 triliun dengan kepadatan penduduk Jawa Barat sebesar 1.365/km². Peningkatan ini turut diikuti dengan naiknya jumlah limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan perkantoran. Kondisi iklim, standar hidup, dan kebiasaan sehari-hari secara signifikan mempengaruhi konsumsi air rumah tangga [1]. Limbah cair domestik akan mencemari lingkungan apabila dialirkan ke badan air atau sungai tanpa melalui proses pengolahan, terutama mempengaruhi kehidupan yang berada di permukaan air [2].

Pertumbuhan penduduk telah mendorong dibangunnya Apartemen Samasta Mahata Margonda atau *Transit Oriented Development (TOD)* Pondok Cina. Apartemen ini terintegrasi langsung dengan stasiun kereta commuter line (KRL) Pondok Cina. Aspek lingkungan pada apartemen harus diperhatikan agar tercapai kenyamanan dan kesehatan lingkungan para penghuni [3].

Konsep bangunan hijau atau *green building* harus diterapkan terutama aspek konservasi air agar penggunaan air dapat berjalan dengan optimal. Seperti yang sedang diusahakan pada proyek pembangunan Apartemen Samasta Mahata Margonda untuk mencapai sertifikat *green building*.

Green building merupakan bangunan berkelanjutan yang mengarah pada struktur dan pemakaian yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dengan penggunaan energi, air, dan sumber daya lainnya secara efisien sepanjang siklus hidup bangunan tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat RI No.02/PRT/M/2015 tentang *Green Building*, salah satu persyaratan tahap perencanaan teknis adalah konservasi air yang bertujuan mengurangi penggunaan air bersih dan menerapkan sistem pengelolaan air limbah. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.P.68/MENLHK-SETJEN/2016 [4] tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang menyatakan bahwa air limbah domestik yang dihasilkan tidak melampaui baku mutu.

Salah satu upaya untuk mengolah air limbah domestik Apartemen Samasta Mahata Margonda adalah penggunaan *Sewage Treatment Plant* (STP). STP digunakan agar air limbah yang dibuang memenuhi baku mutu dan air tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk siram tanaman dan siram toilet sebagai salah satu upaya untuk menjaga keberlanjutan sumber daya air. Penggunaan air daur ulang untuk *flushing* sudah diterapkan oleh Kantor BPPT dengan memanfaatkan teknologi membran filtrasi [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan *Sewage Treatment Plant*, melakukan identifikasi potensi penggunaan kembali air hasil pengelolaan air limbah domestik, serta melakukan penilaian *green building* pada rancangan gedung apartemen menggunakan *green ship new building 1.2*.

2. Metode

Penelitian yang berjudul "Perancangan *Sewage Treatment Plant* (STP) sebagai Implementasi Aspek *Green Building* pada Apartemen Samasta Mahata Margonda Depok ini dilaksanakan pada Bulan Maret sampai Mei 2022. Lokasi penelitian berada di Kota Depok, tepatnya di di tepi batas pagar Universitas Indonesia dan Stasiun Pondok Cina.

2.1. Material

Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian berupa laptop dengan *software Microsoft Excel*, *Autodesk AutoCad*, *Cropwat 8.0*, serta *Green ship rating tools* untuk bangunan baru versi 1.2 yang digunakan dalam penilaian *green building*. Bahan pada penelitian ini meliputi data sekunder berupa jumlah penghuni apartemen, denah apartemen, spesifikasi saniter, dan data iklim di sekitar lokasi yang diambil dari *website* BMKG.

2.2. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi perhitungan jumlah air limbah domestik, penentuan teknologi pengelolaan air limbah, perhitungan penggunaan air hasil pengolahan, serta penilaian *green building* kategori konservasi air.

2.2.1. Perhitungan Jumlah Air Limbah Domestik

Jenis air limbah yang akan diolah ialah *greywater* dan *blackwater*. Limbah *greywater* berasal dari alat plambing *lavatory*, *floor drain*, *faucet*, dan urinar. Sementara *blackwater* merupakan air limbah yang sumbernya berasal dari *water closet*, yaitu tinja. Jumlah air limbah domestik pada Apartemen Samasta Mahata Margonda dihitung berdasarkan kebutuhan air bersih yang telah ditetapkan pada SNI 03-7065-2005. Terdapat dua metode yang digunakan dalam menentukan kebutuhan air bersih domestik apartemen ini. Metode pertama berdasarkan jumlah penghuni dan luas lantai, sedangkan metode kedua ialah metode unit beban alat plambing (UAP). Penentuan debit air limbah dihitung dengan **Persamaan (1)**.

$$Q_d = 80\% \times Q_{ab} \quad (1)$$

dengan,

Q_d : Debit air limbah domestik (L/det)

Q_{ab} : Debit air bersih (L/det)

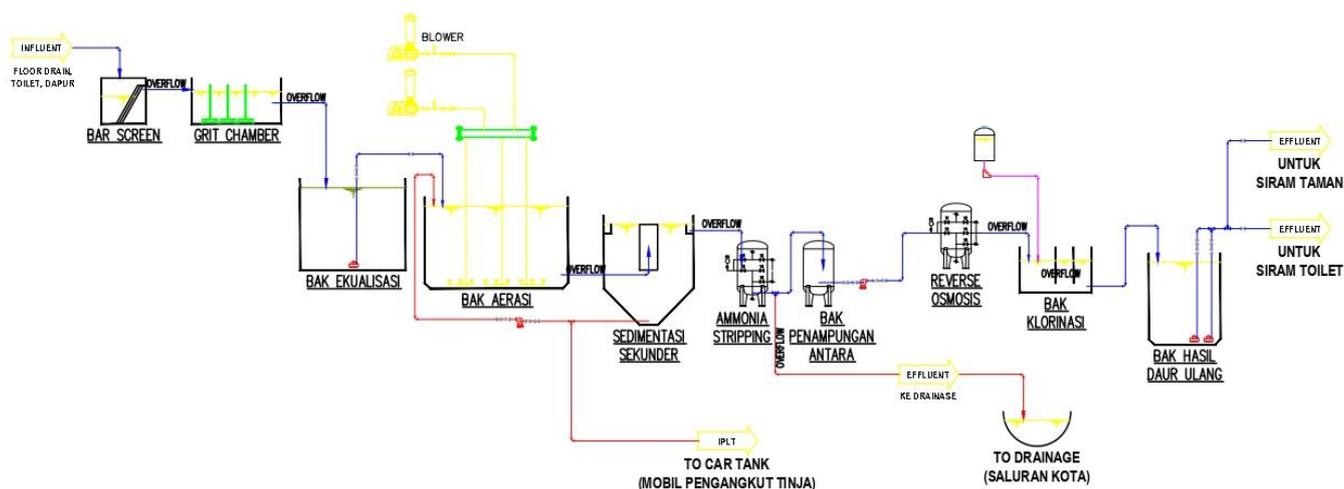
2.2.2. Penentuan Teknologi Pengolahan Air Limbah

Parameter utama yang digunakan untuk menentukan unit pengolahan air limbah adalah BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), pH, minyak dan lemak, serta amoniak. Data konsentrasi pencemar air limbah diestimasi berdasarkan beberapa literatur yang disajikan pada **Tabel 1**. Data yang diambil merupakan data terbesar dari kelima literatur tersebut agar air limbah dapat diolah dengan optimal. Konsentrasi dari setiap parameter akan dibandingkan dengan standar efluen dari Permen LHK No. 68 Tahun 2016 [4] dan standar aliran PP No. 22 Tahun 2021 [6]. Efisiensi konsentrasi setiap parameter pencemar dihitung untuk mencapai standar minimal baku mutu terpilih. Pilihan terbaik ditentukan berdasarkan perkiraan akhir konsentrasi pencemar. Pemilihan unit STP didasari atas perhitungan nilai removal untuk setiap alternatif pengolahan.

Tabel 1. Karakteristik air limbah domestik apartemen

Parameter	Karakteristik Air Limbah (Literatur)					Karakteristik yang Digunakan
	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	
pH	7.9	6.8	7.2	6.95	-	7.9
TSS (mg/L)	258	564	140	124	320	564
BOD (mg/L)	160	382	105	68	147	382
COD (mg/L)	300	589	182	114	320	589
Minyak dan Lemak (mg/L)	14	8	16	8	29	29
Amoniak (mg/L)	296.39	-	-	-	-	296.39

Desain unit pra pengolahan (*pre-treatment*) yang dirancang pada apartemen ini yaitu *bar screen*, *grit chamber*, dan ekualisasi. Perencanaan teknis *bar screen* mengikuti kriteria desain yang ditentukan dengan memperhatikan perhitungan saluran influen, jarak dan dimensi ruang bar, kedalaman aliran, kecepatan aliran, dan kehilangan tekan atau *headloss* [12]. Dimensi unit ekualisasi dihitung berdasarkan kriteria desain, yaitu debit, volume, serta luas permukaan atas dan bawah unit ekualisasi. Selanjutnya, tahapan pengolahan sekunder terdiri dari unit aerasi dan unit sedimentasi sekunder. Proses pengolahan air limbah secara biologis menggunakan *suspended growth* atau lumpur aktif. Dimensi bak lumpur aktif atau aerasi dipengaruhi oleh volume bak, debit influen, dan waktu detensi yang dihitung dengan **Persamaan (2)**. Sedangkan kriteria desain dimensi unit sedimentasi sekunder meliputi lebar unit, kedalaman air, kemiringan dasar unit, area zona influen, dan tinggi jagaan. Alur atau proses pengolahan air limbah STP dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Alur pengolahan air limbah.

$$t_d = \frac{V}{Q} \tag{2}$$

dengan,

- t_d : Waktu detensi
- V : Volume unit aerasi (m^3)
- Q : Debit rata-rata tiap unit (m^3/det)

Alternatif teknologi daur ulang air limbah lanjutan antara lain dapat menggunakan membran filter, seperti yang dipakai oleh Kantor BPPT [5]. Unit ini menggunakan teknologi membran osmosis dengan nilai removal mencapai 100% pada beberapa parameter air limbah. Perencanaan unit ini mengikuti perhitungan pada Qasim [12]. Proses terakhir pengolahan air limbah pada perencanaan STP ialah unit klorinasi pada tahap pengolahan tersier. Penentuan kapasitas penyimpanan perlu ditentukan laju rata-rata pemberian klorin dan jumlah klorin yang digunakan [13].

2.2.3. Perhitungan Penggunaan Air Daur Ulang

Air daur ulang dari hasil pengolahan STP di lokasi penelitian ini dimanfaatkan sebagai sumber air untuk siram toilet dan tanaman. Jenis alat plambing yang memanfaatkan *flushing* untuk penggelontoran kotoran yaitu *water closet* (WC). Besarnya kebutuhan daur ulang air limbah dihitung berdasarkan total beban unit alat plambing. Asumsi jenis tanaman apartemen yang digunakan ialah rerumputan dengan besarnya kebutuhan air tanaman (ETc) dapat dihitung dengan **Persamaan (3)**. Selain itu, curah hujan efektif juga dipertimbangkan dalam menentukan kebutuhan air untuk siram tanaman.

$$ETc = Kc \times ETo \tag{3}$$

dengan,

- Kc : Koefisien tanaman
- ETo : Evapotranspirasi

2.2.4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB ditentukan berdasarkan analisis harga satuan untuk keseluruhan instalasi pengolahan air limbah yang digunakan. Adapun harga satuan ditetapkan berdasarkan Peraturan Daerah Kota Depok

tahun 2022. Penetapan harga satuan juga disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 01/PRT/M/2022.

2.2.5. Penilaian Green Building Kategori Konservasi Air

Aspek *Green Building* yang dinilai pada Apartemen Samasta Mahata Margonda difokuskan pada kategori konservasi air (*Water Conservation* atau WAC) berdasarkan perangkat penilaian pada *Green-ship rating tools* untuk bangunan baru versi 1.2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Jumlah Air Limbah Domestik

Air limbah domestik dihitung sebesar 80% dari jumlah kebutuhan air bersih apartemen per harinya. Air limbah domestik berdasarkan metode luas dan jumlah penghuni sesuai dengan SNI 03-7065-2005. Nilainya adalah 120 liter/hari untuk penghuni tempat tinggal, 50 liter/hari untuk pegawai, serta 15 liter/hari untuk pengunjung. Apartemen terdiri dari 27 lantai utama yang difungsikan sebagai hunian, fasilitas perkantoran dan komersil, serta 1 lantai *rooftop*. Berdasarkan data sekunder dari pihak perencana, jumlah penghuni apartemen ini sebanyak 4.047 jiwa yang terdiri dari penghuni apartemen, pengunjung, dan karyawan. Total kebutuhan air bersih diperoleh sebesar 216,26 m³/hari.

Pehitungan jumlah air limbah domestik dengan metode unit beban alat plambing (UAP) dipengaruhi oleh jenis alat plambing yang digunakan. Apartemen Samasta Mahata Margonda menggunakan 6 jenis alat plambing yang dipakai pada area komersil (lantai 1 – 6) dan unit apartemen (7 – 28), yaitu kloset (WC), bak cuci tangan (LV), urinar (UR), pancuran mandi (SW), serta kran cuci bersama dan kran cuci dapur (FC). Besarnya kebutuhan air bersih dapat diketahui dari kurva perkiraan beban kebutuhan air, yaitu 2.300 lt/menit atau 276 m³/hari. Berdasarkan kedua metode tersebut, jumlah air bersih yang diambil yaitu pada metode UAP sehingga jumlah air limbah yang dihasilkan pada apartemen ialah 220,8 m³/hari.

3.2. Dimensi Unit Pengolahan Air Limbah

Pemilihan alternatif unit pengolahan air limbah dipengaruhi oleh besarnya karakteristik air limbah di lokasi perencanaan. Standar efluen digunakan pada air hasil olahan. Standar aliran merupakan baku mutu yang menggambarkan syarat kualitas badan air pada saat menerima air limbah. Persen removal yang harus dipenuhi dari masing-masing parameter dapat dilihat pada **Tabel 2**. Setelah konsentrasi akhir diperkirakan, unit STP yang dipilih adalah *bar screen*, *grit chamber*, bak ekualisasi, *suspended growth*, sedimentasi sekunder, *ammonia stripping*, *reverse osmosis*, dan bak klorinasi. Nilai debit yang mempengaruhi perhitungan unit STP yaitu debit rata-rata dan debit puncak. Debit rata-rata diambil dari besarnya air limbah domestik sebesar 220,8 m³/hari atau 2,56 lt/det. Sedangkan debit puncak air limbah adalah kondisi saat air limbah yang dihasilkan berada pada kondisi maksimum dalam satu hari dengan nilai 0,03 m³/det.

Bar screen diletakkan pada tahap paling awal dari instalasi pengolahan air limbah. Unit ini dirancang untuk memisahkan berbagai benda padat di dalam air limbah, seperti kertas, plastik, kayu, dan material berat lainnya [14]. Instalasi pada apartemen ini direncanakan dengan *bar screen* tipe mekanik untuk mempermudah pengoperasian alat. Unit ini akan dibangun sebanyak dua ruang untuk membantu proses pengolahan. Debit yang digunakan dalam menghitung dimensi *bar screen* ialah debit puncak air limbah sebesar 0,03 m³/det. Jumlah bar yang digunakan yaitu 23 buah dengan spasi sebanyak 24, sehingga total lebar bersih rack yaitu 0,35 m.

Penentuan kehilangan tekan H_{50} dan kecepatan di ruangan sebelum memasuki *bar screen* ditentukan menggunakan persamaan bernoulli dengan hasil secara berturut-turut sebesar 0,33 m dan 0,19

m/det. Sedangkan dari **Tabel 3**, kedalaman aliran di dalam ruangan sebelum memasuki *bar screen* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kedalaman aliran pada saat di *bar screen*. Hal tersebut terjadi karena adanya kehilangan tekanan mayor yg disebabkan oleh *friction*.

Tabel 2. Perbandingan konsentrasi dan baku mutu air limbah

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Standar Efluen [4]		Standar Aliran kelas 2 [6]	
		Baku Mutu	% Removal	Baku Mutu	% Removal
TSS	564	30	94.68	50	91.50
BOD	382	30	92.15	3	99.21
COD	589	100	83.02	25	95.76
Lemak	29	5	82.76	1	96.55
Amoniak	296.39	10	96.63	-	-
pH	7.9	6 - 9	24.05	-	-

Tabel 3. Kedalaman aliran, kecepatan, dan *headloss* pada bar

Kondisi	Saluran <i>upstream</i>		Kecepatan melewati rak (m/det)	Saluran <i>downstream</i>		<i>Headloss</i> (m)
	Kedalaman aliran (m)	Kecepatan (m/det)		Kedalaman aliran (m)	Kecepatan (m/det)	
Rak bersih	0,30	0,21	0,42	0,29	0,22	0,01
50% <i>Clogging</i>	0,33	0,19	0,76	0,29	0,22	0,04

Unit *grit chamber* berfungsi untuk memisahkan padatan anorganik seperti sisa tulang dan kulit telur yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan mekanik unit selanjutnya [12]. *Grit chamber* diletakkan setelah *bar screen* dan sebelum unit sedimentasi. Unit *grit chamber* direncanakan sebanyak 2 buah. Debit yang digunakan dalam perancangan yaitu debit puncak 0,03 m³/det. Unit ekualisasi berbentuk persegi. Hasil perhitungan bak ekualisasi dapat dilihat pada **Tabel 5**. Volume bak ekualisasi ditentukan dari asumsi waktu kontak aktual 8 jam.

Tabel 4. Hasil desain unit *grit chamber*

Hasil Desain	Nilai	Kriteria Desain [12]
Kedalaman total, H	0,90 m	-
Lebar, L	0,90 m	-
Panjang, P	4,51 m	-
Rasio L:H	1:1	1:1 – 5:1
Rasio P:L	5:1	3:1 – 5:1
Waktu detensi (td) dua unit beroperasi	4,11 menit	2 – 5 menit
Waktu detensi (td) satu unit beroperasi	2,05 menit	2 – 5 menit

Tabel 5. Hasil desain unit ekualisasi

Hasil Desain	Nilai	Kriteria Desain [13]
Kedalaman, H	2,00 m	1,5 – 2 m
Tinggi jagaan (<i>freeboard</i>), f	0,50 m	0,5 – 1 m
Kedalaman total, H _T	2,50 m	-
Panjang bak, P	9,60 m	-
Lebar bak, L	3,07 m	-
Kecepatan aliran ($v_{in} = v_{out}$)	0,9 m/det	0,6 – 3 m/det
Ukuran daya total aerator, Pt	0,75 kW	-

Pada umumnya, metode biologis merupakan cara yang paling efektif untuk mengurangi kandungan bahan organik dalam buangan [2], salah satunya adalah *suspended growth* atau lumpur aktif konvensional. Nilai volume bak ditentukan berdasarkan hubungan antara debit rata-rata sebesar 0,002 m³/det dengan waktu detensi, dan diperoleh volume bak sebesar 57,83 m³. Nilai kedalaman bak diasumsikan sebesar 2,5 m dengan tinggi jagaan 0,5 m. Panjang bak diambil 9,6 m dan lebar bak sebesar 2,41 m.

Unit sedimentasi sekunder berfungsi sebagai unit pemisahan dan pengendapan padatan tersuspensi sebagai output dari proses biologis. Salah satu parameter yang harus dipenuhi dalam perancangan unit sedimentasi sekunder (*clarifier*) adalah *surface overflow rate* (SOR) dan *solid loading rate* (SLR). Nilai ini menunjukkan perbandingan antara debit hasil penambahan resirkulasi dengan luas *clarifier*. Unit sedimentasi sekunder pada instalasi ini direncanakan berbentuk *circular*.

Tabel 6. Hasil desain unit *suspended growth*

Hasil Desain	Nilai	Kriteria Desain [13]
Umur lumpur min S_e efluen, $\theta_{c\text{ keb}}$	3 hari	> 1 hari
Waktu detensi (periode aerasi), t_d	6,30 jam	4 – 8 jam
Konsentrasi MLSS pada unit aerasi	2500 mg/L	2500 – 4000 mg/L
Rasio resirkulasi, R	0,33	0,2 – 1
Rasio <i>food to microorganism</i> , F/M	0,10	0,04 – 1
Kebutuhan oksigen teoritis O ₂	114,94 kg O ₂ /hari	-

Tabel 7. Hasil desain unit *suspended growth*

Hasil Desain	Nilai	Kriteria Desain [13]
Debit aliran rata-rata dengan resirkulasi, Q_{ss-r}	293,09 m ³ /hari	-
SOR pada saat debit rata-rata	23,32 m ³ /m ² .hari	16 – 28
SLR pada saat debit rata-rata	7,29 kg/m ² .jam	-
Diameter unit, D _u	4,00 m	3 – 60 m
Tinggi jagaan (<i>freeboard</i>), f	0,50 m	0,5 – 0,7 m
Kedalaman total unit, H _T	2,45 m	-
Waktu detensi aliran rata-rata, t_d	2,52 jam	1,5 – 2,5 jam

Amoniak merupakan salah satu bahan pencemar yang memanfaatkan *gas stripping* dalam pengolahannya. Unit *ammonia stripping* direncanakan berbentuk tabung yang meninggi ke atas atau dalam bentuk *tower*. *Gas stripping* membawa transfer massa gas dari bentuk zat cair ke bentuk gas [13]. Konsentrasi amoniak yang masuk ke dalam unit *stripping* adalah 239,3 mg/L, sedangkan konsentrasi akhir yang menjadi target minimum ialah 10 mg/L.

Tabel 8. Hasil desain unit *ammonia stripping*

Hasil Desain	Nilai	Kriteria Desain [13]
Tekanan udara dibolehkan, ΔP	300 (N/m ²)/m	100 – 400 (N/m ²)/m
Kebutuhan udara	262,29 m ³ /min	-
Diameter, D	1,22 m	-
Tinggi unit transfer, HTU	0,18 m	-
Jumlah unit transfer, NTU	7,00 bh	-
Tinggi total <i>stripping tower</i>	2,26 m	2 – 6 m

Unit *Reverse Osmosis* (RO) dipilih sebagai alternatif pengolahan lanjutan yang keluaran airnya menargetkan baku mutu aliran kelas 2. Sebelum dilakukan pengolahan lanjutan, air hasil proses *stripping* ditampung di dalam bak penampung antara. Sebagian dari air hasil olahan tersebut akan diolah lebih lanjut untuk digunakan kembali, sedangkan kelebihan airnya (*overflow*) dibuang ke saluran kota. Unit RO yang digunakan berbentuk tabung yang dipilih berdasarkan total debit aliran yang masuk ke dalam sistem, sebesar 164,74 m³/hari. Pemilihan unit RO juga dipengaruhi oleh besarnya energi yang dibutuhkan [12], yaitu 3,81 kW. Efisiensi pompa diasumsikan mencapai 95% sehingga besar energi pada *brake* sebesar 4,01 kW dan energi yang dibutuhkan motor ialah 4,56 kW dari 88% efisiensi daya motor.

Desinfeksi dengan klorinasi digunakan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam air limbah. Menurut Metcalf dan Eddy [13], metode ini sering digunakan karena klor efektif untuk desinfeksi dan harganya terjangkau. Besar nilai volume total bak ialah 27,22 m³ dengan jumlah bak dibutuhkan sebanyak 1 buah yang dihitung dari debit puncak dan waktu kontak rencana 20 menit. Nilai asumsi kedalaman yang digunakan 2,5 m dan lebar 4 m, serta panjang unit diperoleh 2,7 m. Konsentrasi akhir dari parameter air limbah BOD, COD, TSS, dan amoniak setelah melewati unit pengolahan berturut-turut sebesar 0,54 mg/L, 2,52 mg/L, 10,72 mg/L, dan 4,79 mg/L. Nilai konsentrasi tersebut sudah memenuhi baku mutu standar aliran kelas 2 sehingga air hasil pengolahan STP dapat dimanfaatkan untuk siram tanaman dan siram toilet.

3.3. Kebutuhan Air Daur Ulang

Air dari hasil pengolahan STP di lokasi penelitian ini akan dimanfaatkan sebagai sumber air untuk keperluan *flushing* atau siram toilet dan siram tanaman. Jenis alat plambing yang memanfaatkan *flushing* untuk penggelontoran kotoran yaitu *water closet* (WC). Banyaknya air hasil pengolahan yang akan digunakan untuk *flushing* ini dihitung dengan metode beban unit alat plambing (UAP). Dengan jumlah kloset pribadi sebanyak 484 buah dan kloset umum 36 buah, maka didapatkan besar kebutuhan air *flushing* per harinya sebesar 126 m³/hari. Jenis tanaman pada Apartemen Samasta Mahata Margonda yang ditinjau ialah rerumputan. Air daur ulang yang digunakan untuk penyiraman tanaman rumput dihitung menggunakan data iklim dari stasiun cuaca terdekat, Stasiun Klimatologi Bogor, antara lain data curah hujan, temperatur, kelembaban, kecepatan angin, dan lamanya terpapar matahari. Data harian selama 10 tahun terakhir tersebut diinput ke dalam Cropwat 8.0. Kebutuhan air tanaman (ETc) dipengaruhi juga oleh nilai koefisien tanaman (Kc) rerumputan yang berkisar 0,9 – 1,02. Dengan mempertimbangkan nilai curah hujan di lokasi apartemen, maka kebutuhan air untuk menyirami tanaman seluas 8.808,5 m² ialah 15,7 m³/hari, 20,3 m³/hari, 25,19 m³/hari, dan 30,04 m³/hari berturut-turut untuk bulan Juni – September. Nilai estimasi kebutuhan air tanaman diambil yang terbesar, yaitu 30,04 m³/hari. Sementara itu, tidak dibutuhkan penyiraman irigasi pada bulan Oktober hingga Mei karena kebutuhan airnya sudah terpenuhi dari air hujan. Total kebutuhan air daur ulang untuk siram tanaman dan siram toilet mencapai 156,5 m³/hari. Penghematan air yang dapat dicapai dari instalasi pengolahan air limbah adalah 56% dari total kebutuhan air bersih 276 m³/hari.

3.4. Rencana Anggaran Biaya

Material utama yang digunakan pada instalasi STP berupa beton bertulang dan *fiberglass* untuk pengolahan biologis dan sedimentasi sekunder. Pipa yang digunakan untuk zona aliran *inlet* dan *outlet* di setiap unit pengolahan yaitu PVC dan beton. Berdasarkan perhitungan, besar biaya yang dibutuhkan untuk membangun instalasi pengolahan air limbah Apartemen Samasta Mahata Margonda adalah Rp1.092.855.422,56 (**Tabel 9**).

Tabel 9. Rencana anggaran biaya STP

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
I	Pekerjaan Beton Bertulang	238.275.049,27
II	Pekerjaan <i>Finishing</i> Beton	102.286.673,30
III	Pekerjaan Instalasi Pengolahan	752.293.700,00
	Total	1.092.855.422,56

3.5. Penilaian Green Building Kategori Konservasi Air

Greenship terdiri dari enam kategori, dan salah satunya ialah Water Conservation (WAC) atau Konservasi Air. Hasil penilaian dari seluruh kriteria pada kategori WAC dapat dilihat pada **Tabel 10**. Berdasarkan penilaian kategori WAC pada proses pembangunan Apartemen Samasta Mahata Margonda, nilai yang dapat diperoleh sebesar 9 poin dari total 21 poin maksimum kategori WAC. Terlihat bahwa nilai untuk kriteria daur ulang air ialah 0 poin karena pihak perencana hanya akan menggunakan air daur ulang untuk siram tanaman. Oleh karena itu, perlu direkomendasi penggunaan kembali air hasil pengolahan untuk flushing agar kriteria ini mendapatkan poin.

Tabel 10. Hasil penilaian konservasi air

Kategori dan Kriteria		Nilai Maksimum	Nilai Didapatkan
P1	Meteran Air (<i>Electrical Sub Metering</i>)	P	P
P2	Perhitungan Penggunaan Air (<i>OTTV Calculation</i>)	P	P
WAC 1	Pengurangan Penggunaan Air (<i>Water Use Reduction</i>)	8	0
WAC 2	Fitur Air (<i>Water Fixtures</i>)	3	3
WAC 3	Daur Ulang Air (<i>Water Recycling</i>)	3	0
WAC 4	Sumber Air Alternatif (<i>Alternative Water Resource</i>)	2	2
WAC 5	Penampungan Air Hujan (<i>Rainwater Harvesting</i>)	3	3
WAC 6	Efisiensi Penggunaan Air Lansekap (<i>Efficiency Landscaping</i>)	2	1
Total Nilai Kategori WAC		21	9

4. Kesimpulan

Unit pengolahan air limbah yang dipilih pada Apartemen Samasta Mahata Margonda ialah *bar screen*, *grit chamber*, ekualisasi, *suspended growth*, sedimentasi sekunder, *ammonia stripping*, *reverse osmosis*, dan klorinasi. Konsentrasi akhir dari parameter air limbah BOD, COD, TSS, dan amoniak setelah melewati unit akhir sebesar 0,54 mg/L, 2,52 mg/L, 10,72 mg/L, dan 4,79 mg/L sehingga sudah memenuhi baku mutu standar aliran kelas 2 untuk penggunaan siram tanaman dan siram toilet.

Penghematan air yang dapat dicapai dari instalasi pengolahan air limbah untuk kegiatan siram tanaman dan siram toilet adalah 56% atau 156,5 m³/hari dari total kebutuhan air bersih 276 m³/hari.

Hasil penilaian green building kategori WAC pada proses pembangunan Apartemen Samasta Mahata Margonda mendapatkan 9 poin dari total 21 poin maksimum. Nilai terendah ialah kriteria daur ulang air karena pihak perencana tidak memanfaatkan air daur ulang untuk siram toilet. Oleh karena itu, direkomendasi untuk menggunakan air hasil pengolahan untuk *flushing* agar kriteria ini terpenuhi.

Daftar Pustaka

- [1] Şahin, Nİ, Manioğlu G. Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. *Sustainable Cities and Society*. 2019; 44:367-377.
- [2] Sugiharto. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI-Press; 2014.
- [3] Simbolon H, Nasution IN. Desain rumah tinggal yang ramah lingkungan untuk iklim tropis. *Jurnal Education Building*. 2017; 3(1):46-59.
- [4] [PermenLH] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. *P.68/MENLHK-SETJEN/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kemen Lingkungan Hidup dan Kehutanan; 2016.
- [5] Yudo S, Hernaningsih T. Pemilihan teknologi daur ulang air limbah domestik di Kantor BPPT. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 2010; 6(2):114-123.
- [6] [PP] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. *PP No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Sekretariat Negara; 2021.
- [7] Indaryani F, Purnomo A. Evaluasi dan desain ulang instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Rumah Susun Sederhana Sewa Randu Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. 2020; (2):99-105.
- [8] Aditya RP. 2019. Kajian sistem plambing, instalasi pengolahan air limbah dan pengelolaan sampah di Rumah Susun Sewa Gunung Anyar Kota Surabaya. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2018.
- [9] Prakoso SS. Perancangan Ulang Sistem Plambing dan Pengolahan Air Limbah pada Rumah Susun Tanah Merah Surabaya. Skripsi. Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2018
- [10] Miswary T. Evaluasi Sistem Plambing, Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Pengelolaan Sampah di Rumah Susun Gunungsari Kota Surabaya. Skripsi. Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2017.
- [11] Wisesa DM. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rumah Susun Tanah Merah Surabaya. Skripsi. Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 2016.
- [12] Qasim SR. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. New York (US): CRC Press; 1999.
- [13] Metcalf, Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. New York (US): McGraw-Hill; 2013.
- [14] Said NI. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga; 2017.