

Pemilihan Teknologi Daur Ulang *Effluent* Limbah Cair Rumah Sakit untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih Pertamanan dan Kegiatan *Non-Potable*

Novalina Annisa Yudistira¹⁾, Jecky Asmura²⁾, David Andrio²⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Lingkungan S1 ²⁾Dosen Program Studi Teknik Lingkungan S1
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas, Km.12,5, Panam – Pekanbaru
Email: novalinaannisayudistira@gmail.com

ABSTRACT

Conservation of water resources need to be carried out by large-scale water users, such as hospitals. One of the conservation efforts is recycling wastewater. Recycled water can be used to fulfill the needs of landscape irrigation and non-potable activity in hospital. The one of methods for wastewater recycling design is selecting of alternative technology and processing. Several things which need to paid attention in select technology and processing are removal efficiency, land needed, ease of operation, utility experience, and cost. Selection of alternative technology used ranking method to compare microfiltration, ultrafiltration, coagulation-flocculation, ion exchange, and adsorption process. Selected processing technology is ultrafiltration with a score of 10,00, to remove BOD, COD, and total coliform from effluent of sewage treatment plant to be water recycling with discharge 100 m³/day.

Keywords: Water recycling, advanced wastewater treatment, technology selection

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan manusia, sehingga diperlukan upaya konservasi sumber daya air agar memenuhi aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan dan keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang (UU No. 7, 2004). Konservasi sumber daya air dilakukan melalui kegiatan perlindungan dan pelestarian

sumber air, pengawetan air, serta pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air.

Setiap orang maupun badan usaha pengguna sumber daya air didorong untuk melakukan upaya pengawetan air melalui gerakan penghematan air serta pengendalian penggunaan air tanah oleh para pemilik kepentingan dengan melakukan daur ulang limbah cair menjadi air baku (PERPRES No. 33, 2011).

Daur ulang limbah cair adalah upaya pemrosesan air buangan yang berasal dari rumah tangga, kelompok pengguna dalam jumlah besar dan penggunaan air lainnya sehingga dapat

digunakan kembali sesuai keperluan. Daur ulang limbah cair menjadi air bersih perlu dilakukan oleh kelompok pengguna air dalam jumlah besar seperti hotel, rumah sakit, dan industri dengan membangun instalasi daur ulang untuk menjaga keberlanjutan penggunaan air dan upaya untuk meminimalisir limbah yang dibuang ke lingkungan (PERMENPU No.6, 2011). Hasil daur ulang limbah cair dapat dimanfaatkan untuk irigasi pertanian atau lanskap, penggunaan industri, pengisian ulang air tanah, suplai air bersih, dan untuk keperluan umum (*non-potable*) seperti penggelontoran dan air pemadam kebakaran (Said, 2006).

Instalasi daur ulang limbah cair dibangun dengan beberapa tahapan analisis, salah satunya dengan menentukan proses pengolahan yang potensial, efektif, dan efisien untuk diterapkan, sehingga memenuhi baku mutu air bersih ataupun air daur ulang sesuai dengan bentuk pemanfaatannya. Teknologi pengolahan untuk daur ulang limbah cair dapat memanfaatkan teknologi pengolahan air ataupun limbah (Suprihatin dan Suparno, 2013).

Instalasi daur ulang juga dapat dibangun dengan memanfaatkan *effluent* dari instalasi pengolahan limbah cair, dengan memanfaatkan teknologi pengolahan lanjutan (*advanced wastewater treatment*). Teknologi pengolahan yang dapat digunakan seperti metode koagulasi-flokulasi, filtrasi, teknologi membran (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, *reverse osmosis*), *Advances Oxidation*

Processes (AOPs), *ion exchange*, dan lain-lain (Subramanian, 2007).

Teknologi pengolahan yang direncanakan harus mampu menurunkan kadar pencemar sesuai dengan baku mutu air bersih yang diatur dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, serta Baku Mutu Air Daur Ulang menurut *United States Environmental Protection Agency* (U.S.EPA). Standar U.S.EPA dipilih karena Indonesia belum memiliki standar baku mutu khusus untuk penggunaan air daur ulang, dan beberapa Negara yang belum mempunyai baku mutu mengenai daur ulang air telah mengacu pada standar ini (Said, 2006). Daur ulang limbah cair telah diterapkan di berbagai negara seperti Amerika Serikat, Jepang, Australia, Singapura, dan juga di Indonesia (Suparno dan Suprihatin, 2013).

Pemilihan teknologi pengolahan menurut Howe dkk., (2012) didasarkan pada efisiensi penyisihan, kehandalan proses, fleksibilitas, keberhasilan penerapan teknologi sejenis, dan biaya. Menurut Kawamura (1991), pemilihan alternatif pengolahan didasarkan pada kehandalan proses, kebutuhan lahan, kemudahan pengoperasian, kemudahan perawatan, dan biaya. Perencanaan bangunan dan infrastruktur teknik sangat mengutamakan biaya dan kemampuan pengolahan, sehingga pada perencanaan ini parameter biaya dan kemampuan pengolahan memiliki bobot yang lebih besar dibanding parameter lainnya (Kawamura, 1991).

METODOLOGI

Penilaian alternatif pengolahan dilakukan dengan metode ranking dengan mengurutkan setiap alternatif sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dan dikalikan dengan bobot penilaian didasarkan pada kebutuhan perencanaan (Basyaib, 2005). Penerapan teknologi daur ulang limbah cair dianalisa untuk penerapan di Rumah Sakit X di Kota Pekanbaru.

Penilaian didasarkan pada kriteria desain dan pendapat ahli. Skor untuk setiap kriteria diperoleh berdasarkan rumus 1, dimana teknologi pengolahan terpilih adalah yang memiliki jumlah skor paling kecil. Dasar penilaian alternatif pengolahan dapat dilihat pada Tabel 1.

$$\text{Skor per kriteria} = \frac{\text{Nilai kriteria}}{\text{Total nilai}} \times \text{bobot} \quad (1)$$

Tabel 1. Dasar Penilaian Alternatif Pengolahan

No	Kriteria Pemilihan	Nilai					Bobot
		1	2	3	4	5	
1	Kemampuan pengolahan	Sangat baik	Baik	Agak Baik	Sedang	Cukup	30
2	Kebutuhan lahan	Kecil	Cukup Kecil	Agak Luas	Luas	Sangat luas	15
3	Kesulitan penggunaan	Mudah	Cukup Mudah	Agak Sulit	Sulit	Sangat sulit	15
4	Kemampuan tenaga kerja	Rendah	Cukup Rendah	Agak Tinggi	Tinggi	Sangat tinggi	10
5	Biaya	Murah	Cukup Murah	Agak Mahal	Mahal	Sangat Mahal	30

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

Penilaian kemampuan pengolahan dinilai dari kualitas dan kuantitas limbah cair serta hasil olahan yang diperlukan. Kualitas limbah cair yang akan diolah harus diukur dan dianalisa di laboratorium, dan dibandingkan dengan baku mutu air bersih ataupun air daur ulang, sehingga dapat diketahui tingkat penyisihan yang diperlukan. Efisiensi pengolahan dibandingkan dengan kriteria desain, sehingga akan diketahui teknologi pengolahan yang potensial untuk diterapkan. Kuantitas limbah cair diperlukan untuk menentukan beban pencemaran yang akan diolah, sehingga dapat direncanakan waktu tinggal, volume reaktor, jumlah media, dan daya pompa (Kementerian

Pekerjaan Umum, 2013). Kesuksesan penerapan teknologi pada kasus yang serupa juga akan mempengaruhi penilaian dalam pemilihan teknologi (Howe,dkk.2012).

Setiap sistem pengolahan air bersih maupun limbah cair mempunyai karakteristik laju pengolahan (*flow rate*) berbeda-beda terkait dengan efisiensi pengolahan, sehingga pada akhirnya akan memerlukan luas lahan yang berbeda. Hal ini tergantung dari waktu tinggal dan efisiensi proses masing-masing. Masing-masing jenis pengolahan memiliki karakteristik pengoperasian dan tingkat kesulitan pengoperasian yang berbeda, sehingga faktor kemudahan pengoperasian serta ketersediaan sumber daya manusia

(operator) yang akan mengoperasikan instalasi daur ulang limbah cair menjadi unsur yang harus dipertimbangkan, dan juga terkait dengan biaya operasional dan pemeliharaan yang harus ditanggung pengelola. Biaya pengoperasian biasanya sangat ditentukan oleh kebutuhan energi (listrik), biaya bahan kimia, dan lain-lain dari masing-masing jenis IPAL (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertimbangan pemilihan unit pengolahan instalasi daur ulang tergantung dari hasil pengkajian karakteristik *effluent* STP pada setiap parameter yang telah ditentukan. Jenis unit pada instalasi daur ulang harus memiliki kemampuan penyisihan parameter berdasarkan *influent* dan target *effluent* instalasi daur ulang sesuai bentuk pemanfaatannya

Instalasi Daur Ulang (IDU) direncanakan di Rumah Sakit X di Kota Pekanbaru, dengan debit olahan

100 m³/hari yang berasal dari *effluent Sewage Treatment Plant (STP)*. Instalasi daur ulang dirancang untuk menghasilkan kualitas limbah cair yang memenuhi baku mutu air daur ulang. Diperlukan tingkat pengolahan yang lebih tinggi dibanding tingkat pengolahan sekunder dan tersier, yaitu pengolahan lanjutan (*advanced wastewater treatment*). Pemilihan teknologi pengolahan lanjutan berdasarkan pertimbangan kebutuhan untuk menghilangkan konstituen yang melampaui kemampuan pengolahan sekunder dan tersier agar menghasilkan air terolah sesuai baku mutu yang diperlukan.

Teknologi *advanced wastewater treatment* yang dapat digunakan meliputi teknologi membran dan non-membran (Asano dkk, 2007). Pemilihan teknologi pengolahan daur ulang limbah cair dilakukan dengan membandingkan beberapa teknologi pengolahan yang mungkin diterapkan dengan beberapa indikator penentu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Teknologi Pengolahan Lanjutan dan Efisiensi Pengolahan

No	Teknologi Pengolahan	Efisiensi Pengolahan (%)		
		BOD	COD	Total Coliform
	Target Pengolahan ¹⁾	95,72	78,81	94,44
1	Mikrofiltrasi ²⁾	75-90	70-85	30-70
2	Ultrafiltrasi ²⁾	80-90	75-90	50-78
3	Ion Exchange ²⁾	40-60	30-50	-
4	Koagulasi-Flokulasi ³⁾	60-80	80-90	>50
5	Adsorpsi dengan Karbon Aktif ³⁾	70-90	60-75	>50
6	Klorinasi ³⁾			>50
7	Ozon ³⁾	25-50	>50	>50
8	Ultraviolet ³⁾			>50

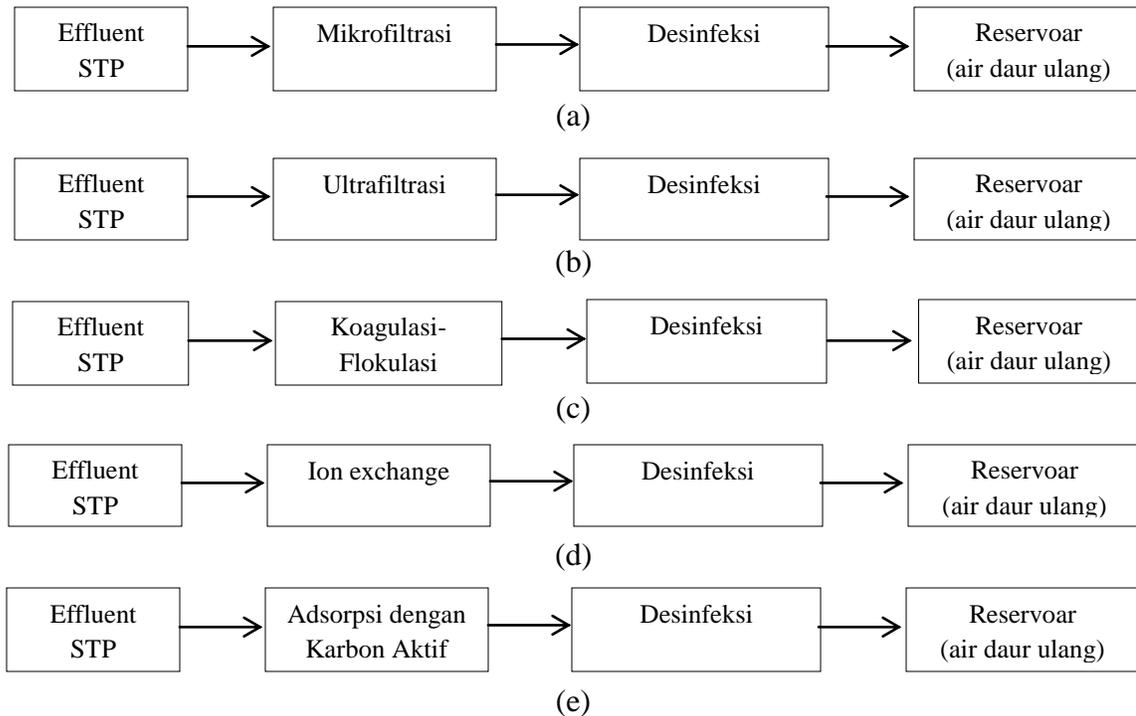
Sumber : 1)Pengolahan data, 2015; 2)Asano,dkk, 2007; 3)Metcalf dan Eddy, 2003

Berdasarkan teknologi pengolahan tersebut, disusun instalasi daur ulang limbah cair, untuk menurunkan kadar

pencemar didalam limbah sehingga dapat memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. Teknologi pengolahan

terpilih didasarkan pada efisiensi pengolahan yang ditargetkan dan akan dikombinasikan dengan proses desinfeksi untuk mengendalikan

jumlah *total coliform* dalam air daur ulang. Rangkaian instalasi daur ulang limbah cair yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) Alternatif Pengolahan A, (b) Alternatif Pengolahan B, (c) Alternatif Pengolahan C, (d) Alternatif Pengolahan D, (e) Alternatif Pengolahan E

Alternatif pengolahan yang telah dipilih akan dinilai berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Proses penilaian didasarkan pada kriteria

desain dan hasil perhitungan dengan debit olahan 100 m³/hari. Rincian kriteria alternatif pengolahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rincian Kriteria Alternatif Pengolahan

Kriteria	Alternatif Pengolahan				
	A	B	C	D	E
Kemampuan pengolahan (%) ¹⁾	BOD = 75-90	BOD = 80-90	BOD = 60-80	BOD = 40-60	BOD = 70-90
	COD = 70-85	COD = 75-90	COD = 80-90	COD = 30-50	COD = 60-75
	T.Coli = 30-70	T.Coli = 50-78	T.Coli = > 50	T.Coli = -	T.Coli = >50
Kebutuhan lahan	2,05 m ²	1,30 m ²	3,18 m ²	0,20 m ²	4 m ²
Kesulitan Penggunaan ²⁾	Manual/otomatis	Manual/otomatis	Manual (cukup mudah)	Manual/otomatis	Manual (mudah)

Tabel 3 Rincian Kriteria Alternatif Pengolahan (Lanjutan)

Kriteria	Alternatif Pengolahan				
	A	B	C	D	E
Kemampuan tenaga kerja ²⁾	Pelatihan dalam pengoperasian dan <i>backwash</i>	Pelatihan dalam pengoperasian dan <i>backwash</i>	Perlu <i>skill</i> untuk menentukan jumlah koagulan	Perlu <i>skill</i> untuk menentukan jumlah larutan regenerasi	Pelatihan dalam pengoperasian dan <i>backwash</i>
Biaya ³⁾	\$ 30-2000/ juta galon terolah	\$ 30-2000/ juta galon terolah	\$ 50-2000/ juta galon terolah	\$ 250-1000/ juta galon terolah	\$ 70-1000/ juta galon terolah

Sumber: ¹⁾ Asano,dkk, 2007 dan Metcalf dan Eddy, 2003; ²⁾ Howe,dkk., 2012; ³⁾ Zinkus ,dkk., 1998

Berdasarkan Tabel 3 kemampuan pengolahan dengan proses ultrafiltrasi memiliki efisiensi pengolahan tertinggi dalam penyisihan BOD, COD, dan total coliform, sehingga diberi nilai 1, diikuti oleh mikrofiltrasi, adsorpsi, koagulasi-flokulasi, dan *ion exchange* dan diurutkan menjadi urutan 2,3,4, dan 5. Kriteria selanjutnya adalah membandingkan kebutuhan lahan, dimana luas lahan terkecil adalah pengolahan dengan metode *ion exchange* sehingga diberi nilai 1. Urutan luas lahan selanjutnya adalah ultrafiltrasi sehingga diberi nilai 2, mikrofiltrasi sehingga diberi nilai 3, koagulasi-flokulasi sehingga diberi nilai 4, dan adsorpsi sehingga diberi nilai 5.

Kesulitan penggunaan juga mempengaruhi alternatif pengolahan yang dinilai dari pengoperasian, pemeliharaan, dan kemampuan operator pengolahan (Howe, dkk., 2012). Pengoperasian dan pemeliharaan membran mikrofiltrasi ataupun ultrafiltrasi dapat dilakukan secara manual atau otomatis, sehingga dibutuhkan pelatihan terlebih dahulu untuk mengetahui metode

pengoperasian dan proses *backwash*, namun dengan debit aliran yang sama maka membran ultrafiltrasi akan lebih mudah *clogging* karena ukuran pori yang lebih kecil, sehingga tingkat kesulitannya menjadi sedikit lebih tinggi. Proses pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dilakukan dengan penambahan bahan kimia sebagai koagulan, dan diperlukan pemantauan kualitas air olahan untuk memperkirakan dosis koagulan agar sesuai efisiensi penyisihan yang diharapkan, sehingga diperlukan keahlian operator untuk memperkirakan dosis koagulan yang sesuai.

Operasional dan pemeliharaan menggunakan *ion exchange* memiliki proses yang lebih sulit dibandingkan dengan metode lainnya, karena diperlukan proses regenerasi dengan menggunakan bahan kimia untuk mengaktifasi resin, sehingga diperlukan pelatihan dan kemampuan untuk membuat larutan regenerasi bagi operator. Kemampuan tenaga kerja untuk koagulasi-flokulasi sedikit lebih tinggi daripada *ion exchange*, karena untuk pengukuran dosis koagulan yang

tepat memerlukan pengoperasian alat tambahan, seperti *jar test*. Kesulitan penggunaan berdasarkan lima alternatif diatas dapat diurutkan menjadi adsorpsi, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, koagulasi-flokulasi, dan *ion exchange*, sedangkan kemampuan tenaga kerja dapat diurutkan menjadi adsorpsi, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, *ion exchange*, dan koagulasi-flokulasi.

Estimasi biaya yang dibutuhkan untuk mendaur ulang limbah cair dengan menggunakan mikrofiltrasi atau ultrafiltrasi membutuhkan biaya sekitar \$ 30-2000/ juta galon terolah. Berdasarkan perhitungan kebutuhan lahan jumlah membran mikrofiltrasi yang dibutuhkan adalah 10 unit,

sedangkan ultrafiltrasi membutuhkan 6 unit, sehingga biaya untuk mikrofiltrasi lebih tinggi. Urutan penilaian estimasi biaya berikutnya adalah koagulasi-flokulasi, adsorpsi, dan *ion exchange*.

Penilaian alternatif pengolahan akan dikalikan dengan bobot, agar alternatif pengolahan yang direncanakan memiliki kemampuan pengolahan yang baik dengan biaya yang ekonomis. Hasil penilaian alternatif pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan penilaian akan didapatkan skor dari tiap alternatif, dimana skor terkecil diasumsikan memiliki efisiensi pengolahan yang besar.

Tabel 4 Hasil Penilaian Alternatif Pengolahan

Alternatif Pengolahan	A	B	C	D	E
Kriteria					
Kemampuan pengolahan	4	2	8	10	6
Kebutuhan lahan	3	2	4	1	5
Kesulitan penggunaan	2	3	4	5	1
Kemampuan tenaga kerja	1,33	2	3,33	2,67	0,67
Biaya	4	2	6	10	8
Total	14,33	10,00	25,33	28,67	20,67

Sumber : Pengolahan data, 2015

Berdasarkan Tabel 5 dipilih pengolahan alternatif B yaitu proses pengolahan dengan menggunakan membran ultrafiltrasi dengan skor paling kecil yaitu 10,0. Proses perencanaan instalasi dilengkapi dengan pre-treatment dengan menggunakan *cartridge filter* untuk memperpanjang umur membran, dan proses desinfeksi sebagai upaya untuk mengoptimalkan kondisi STP dalam mengurangi jumlah *total coliform*. Perencanaan ulang proses

desinfeksi dengan menempatkan proses desinfeksi setelah pengolahan dengan membran ultrafiltrasi, dan proses desinfeksi tetap dilakukan dengan penambahan klorin dengan penginjeksian sebelum air daur ulang ditampung di reservoir.

KESIMPULAN

Pemilihan teknologi pengolahan yang tepat dalam daur ulang limbah cair akan menghasilkan air daur ulang berkualitas yang memenuhi baku mutu

air bersih ataupun air daur ulang. Berdasarkan pemilihan alternatif pengolahan, instalasi daur ulang *effluent* limbah cair rumah sakit direncanakan dengan memanfaatkan teknologi membran ultrafiltrasi dengan skor terkecil yaitu 10,00.

Skema instalasi daur ulang yang direncanakan yaitu pengolahan dengan *cartridge filter*, membran ultrafiltrasi, proses desinfeksi dengan metode klorinasi, dan reservoir dengan debit olahan 100 m³/hari. Air hasil daur ulang dimanfaatkan untuk pengairan taman dan kebutuhan *non-potable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asano, T. Burton, F.L. Leverenz, H. L. Tsuchihashi, R. Tchobanoglous. G. (2007). *Water Reuse : Issues, Technologies, and Applications*. New York : McGraw-Hill Book
- Basyaib, Fachmi. (2005). *Teori Pembuatan Keputusan*. Jakarta : Grasindo
- Howe, Kerry J dkk,. (2012). *Principal of Water Treatment*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons. New York.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. Materi Bidang Air Limbah I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidan PLP
- Metcalf, Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Book
- Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Konservasi Sumber Daya Air*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32. Sekretariat Negara. Jakarta
- . 2011. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 06/PRT/M/ 2011 tentang Pedoman Penggunaan Sumber Daya Air*. Berita Negara Nomor 250 Tahun 2011. Kementerian Pekerjaan Umum RI. Jakarta
- . 2011. *Peraturan Presiden Republik Indonesia No.33 Tahun 2011 tentang Kebijakan Nasional Pengelolaan Sumber Daya Air*. Sekretaris kabinet RI. Jakarta
- Said, N I. (2006). Daur Ulang Air Limbah (Water Recycle) Ditinjau Dari Aspek Teknologi, Lingkungan dan Ekonomi. *JAI Vol. 2, No.2* 2006
- Subramanian, M. S. (2007). *Environmental Chemistry and Analysis*. Indian Institute of Technology Madras
- Suprihatin dan Suparno, O. (2013). *Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. Bogor : PT Penerbit IPB Press
- U.S. EPA. (2004). *Guidelines for Water Reuse*, EPA/625/R-04/108. U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development. Washington, DC
- Zinkus, G. A, William D. B, William W. Doerr. (1998, Mei). Identify Appropriate Water Reclamation Technologies. *Chemical Engineering Progress*,19-31