

PERBEDAAN TEKANAN AIR PADA MEMBRAN REVERSE OSMOSIS TERHADAP PENURUNAN JUMLAH BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA AIR BERSIH DI INDUSTRI TEKSTIL

Differences of Water Pressure on The Reverse Osmosis Membrane Toward The Decrease of the Number of Escherichia Coli Bacteria in Clean Water in the Textile Industry

Fenni Maulani ^{1*)}, Bambang Yulianto ²⁾, Irmawartini ³⁾

^{1*)} Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung, Email : fennimaulani@gmail.com

²⁾ Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung, Email : bambang_y2002@yahoo.com.au

³⁾ Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung, Email : irmawartini17@gmail.com

ABSTRACT

Water was very useful for household, industrial, and other public places. The use of clean water in the textile industry used for washing tableware and food processing. The results of clean water used contained 41 APM/100 ml of *Escherichia coli* bacteria. The clean water did not meet the criteria because it exceeds the regulated threshold value, so it is necessary to treat clean water using Reverse Osmosis (RO) membrane technology. The purpose of this research was to determine the difference in the number of *Escherichia coli* bacteria with various variations in water pressure after being treated with RO membrane. This research used water pressure of 2 bar, 2.5 bar and 3 bar. This research was an experimental research with the research design used pre test post test without control, the sampling technique used grab sampling. Analysis of the decrease in the number of *Escherichia coli* bacteria was carried out descriptively. The water pressure used was able to reduce *Escherichia coli* bacteria to 0 APM/100 ml, this can happen because the pores of the RO membrane were smaller than the size of *Escherichia coli* bacteria. The conclusion in this research was there was a difference in the variation of pressure used on the RO membrane to decreased the number of *Escherichia coli* bacteria. For further research, it is expected to replace the RO membrane every time do the test to avoid saturation conditions on the RO membrane.

Keywords : Clean Water, Reverse Osmosis Membrane, Water Pressure, *Escherichia coli*

ABSTRAK

Air sangat berguna untuk kepentingan rumah tangga, industri, maupun tempat umum yang lainnya. Penggunaan air bersih di industri tekstil ini digunakan untuk mencuci peralatan makan dan pengolahan bahan makanan. Hasil pemeriksaan laboratorium pada air bersih yang digunakan mengandung bakteri *Escherichia coli* sebanyak 41 APM/100 ml, sehingga air bersih tidak memenuhi persyaratan karena melebihi nilai ambang batas, sehingga perlu dilakukan pengolahan air bersih dengan menggunakan teknologi membran *Reverse Osmosis* (RO). Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dengan berbagai variasi tekanan air setelah diberi perlakuan dengan membran RO. Penelitian ini menggunakan tekanan air sebesar 2 bar, 2,5 bar dan 3 bar. Penelitian ini merupakan

penelitian eksperimental dengan disain penelitian yang digunakan adalah *Pre test post test without control*, teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu *grab sampling*. Analisa penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dilakukan secara deskriptif. Tekanan air yang digunakan mampu menurunkan bakteri *Escherichia coli* hingga 0 APM/100 ml, hal ini dapat terjadi karena pori-pori membran RO lebih kecil dibandingkan ukuran bakteri *Escherichia coli*. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu terdapat perbedaan dari variasi tekanan yang digunakan pada membran RO terhadap penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengganti membran RO setiap melakukan pengujian untuk menghindari kondisi jenuh pada membran RO.

Kata Kunci : Air Bersih, Membran *Reverse Osmosis* (RO), Tekanan air, *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Air sangat berguna untuk kepentingan rumah tangga, industri, maupun tempat-tempat umum yang lainnya. Tersedianya air bersih adalah mutlak untuk menunjang kehidupan yang sehat. Terlebih di daerah perkotaan yang tingkat pertumbuhan penduduknya sangat tinggi dirasakan semakin sulit untuk mendapatkan air bersih yang memenuhi syarat-syarat kesehatan baik secara kualitas maupun kuantitas¹. Sektor industri merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam pembangunan suatu wilayah. Air merupakan kebutuhan primer dalam proses industri, sehingga dibutuhkan penyediaan air bersih dengan kualitas serta kuantitas yang dapat memenuhi kebutuhan industri.

Persyaratan kualitas air bersih yang harus dipenuhi yaitu parameter fisika, kimia, dan biologi². Penyebab dari tidak terpenuhinya salah satu persyaratan yaitu adanya pencemaran air. Pencemaran air dapat disebabkan oleh masuknya atau dimasukkannya benda asing berupa zat atau komponen lain oleh kegiatan manusia sehingga mencapai hingga batas atau kadar tertentu yang menyebabkan air tidak dapat digunakan lagi sesuai peruntukannya³. Bakteri Coliform fecal merupakan bakteri indikator adanya pencemaran bakteri patogen, kelompok dari bakteri Coliform antara lain yaitu *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella*, *Klebsiella*,

Serratia serta *Citrobacter freundii*⁴. Beberapa mikroba yang sering dijumpai di lingkungan perairan yang tercemar yaitu *Coliform*, *Escherichia coli*, *Streptococcus*, dan *Aerobacter*⁵.

Escherichia coli terdapat di usus manusia atau hewan yang akan dikeluarkan melalui tinja. Dalam satu gram tinja dapat mengandung satu miliar partikel virus infeksi yang mampu bertahan hidup selama beberapa minggu pada suhu dibawah 10°C. *Escherichia coli* dapat membahayakan manusia karena *Escherichia coli* merupakan bakteri patogen bagi manusia yang dapat menyebabkan penyakit saluran cerna⁶. Separuh dari populasi dunia mengalami penyakit yang berhubungan dengan kekurangan air dan air terkontaminasi yang berisiko pada timbulnya penyakit bawaan air seperti diare yang banyak mengakibatkan kematian⁷. Air bersih yang mengandung bakteri ini dapat dikatakan tidak memenuhi persyaratan secara mikrobiologi, maka air tersebut butuh pengolahan air bersih.

Membran RO adalah teknologi pemurnian air yang menggunakan membran semipermeabel. Sistem RO dapat memisahkan komponen-komponen yang tidak diinginkan seperti komponen organik, non organik, bakteri, virus, partikulat, serta ion atau garam terlarut. Sistem RO juga dikenal sebagai media filter yang memiliki pori paling kecil dibandingkan filter yang lain yaitu 0.0001 mikron. Teknologi membran RO mempunyai keunggulan antara lain

pengolahan dapat dilakukan secara kontinyu, konsumsi energi relatif rendah, mudah digabung dengan proses pemisahan lainnya, dapat dilakukan dengan kondisi operasi yang dapat diatur, tidak memerlukan bahan tambahan, dan material penyusun membran yang bervariasi⁸.

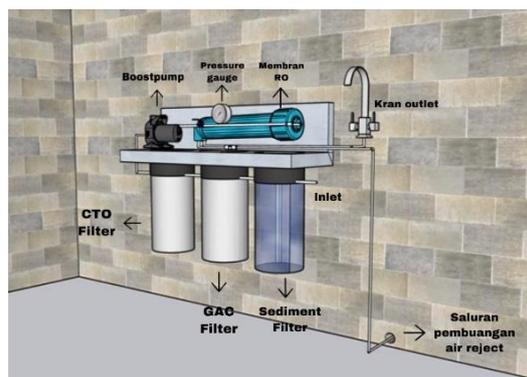
Berdasarkan uraian diatas, peneliti berharap dengan adanya penelitian ini dapat berperan dalam penurunan angka penyebaran penyakit melalui air (*waterborne disease*).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan isain penelitian yang digunakan adalah *Pre test post test without control*. *Pre test* dalam penelitian ini yaitu air bersih yang tidak diberi perlakuan atau tidak melewati membran RO, sedangkan *post test* dalam penelitian ini adalah sampel air bersih setelah diberikan perlakuan (proses filtrasi membran RO).

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah metode *grab sampling* dengan menggunakan botol sampel kaca yang sudah disterilkan sebelumnya dengan cara sterilisasi kering menggunakan oven dengan suhu 150 °C selama 2 jam. Pengambilan sampel dilakukan pada air bersih dari kran dapur industri tekstil. Dilakukan penggantian membran RO pada mesin RO pada setiap penggantian variasi tekanan air saat dilakukan pengambilan sampel.

Variasi tekanan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 2 bar, 2,5 bar, dan 3 bar. Metode pemeriksaan *Escherichia coli* dengan menggunakan metode APM.



Gambar 1. Rancang Bangun Alat Membran RO

HASIL

Hasil penelitian yang telah dilakukan di industri tekstil, selain dilakukan pemeriksaan terhadap bakteri *Escherichia coli*, penelitian ini juga melakukan pengukuran pada data pendukung yaitu berupa pengukuran suhu, TDS dan pH pada air bersih.

1. Hasil pengukuran suhu air bersih

Tabel 1. Data pengukuran suhu air bersih

Pengulangan	Suhu (°C) Tekanan					
	2 Bar		2,5 Bar		3 Bar	
	Pre test	Post test	Pre test	Post test	Pre test	Post test
1	27,8	27,7	27,7	26,6	26,7	26,3
2	27,6	26,7	27,6	26,3	27,6	26,1
3	27,7	27,3	27,4	26,7	27,4	26,2
4	28,3	28,2	27,5	27,1	27,2	26,5
5	28,4	28,1	28,2	27	27,2	26,3
6	28,8	28,5	28,3	26,8	27,5	26,4

2. Hasil pengukuran TDS air bersih

Tabel 2. Data pengukuran TDS air bersih

Pengulangan	TDS (ppm) Tekanan					
	2 Bar		2,5 Bar		3 Bar	
	Pre test	Post test	Pre test	Post test	Pre test	Post test
1	402	30	277	26	227	21
2	407	26	264	24	229	22
3	398	28	308	25	231	21
4	401	29	278	26	227	23
5	397	26	294	25	234	24
6	399	31	314	27	229	21

3. Hasil pengukuran pH air bersih

Tabel.3 Data pengukuran pH air bersih

Pengulangan	pH Tekanan					
	2 Bar		2,5 Bar		3 Bar	
	Pre test	Post test	Pre test	Post test	Pre test	Post test
1	7,6	7,1	7,7	7,1	7,5	7,3
2	7,6	7	7,6	7	7,6	7,2
3	7,8	6,9	7,7	7,2	7,4	7,1
4	7,7	7	7,6	7	7,6	7,1
5	7,6	7,1	7,6	6,9	7,4	7
6	7,6	7	7,6	6,8	7,4	7,3

4. Hasil pemeriksaan bakteri *Escherichia coli*

Tabel.4 Data pemeriksaan bakteri *Escherichia coli*

Pengulangan	<i>Escherichia coli</i> (APM/100 ml) Tekanan					
	2 Bar		2,5 Bar		3 Bar	
	Pre Test	Post test	Pre Test	Post test	Pre Test	Post test
1	8,5	0	11	0	14,4	0
2	14,6	0	12,2	0	32,7	0
3	7,5	0	6,3	0	21,3	0
4	13,4	0	20,1	0	26,9	0
5	6,3	0	12,1	0	14,5	0
6	3,1	0	6,3	0	22,6	0

Rata-rata	8,9	0	11,3	0	22,06	0
Min	3,1	0	6,3	0	14,4	0
Max	14,6	0	20,1	0	32,7	0

PEMBAHASAN

1. Hasil pengukuran suhu air bersih

Suhu yang optimum untuk operasional sistem RO yaitu berkisar 24-29°C, suhu air yang diuji sangat fluktuatif, tetapi suhu air yang keluar dari *pre treatment* masih termasuk kedalam suhu optimal sebelum air memasuki membran RO, setelah keluar dari membran RO suhu air berkisar pada rentang yang tidak jauh dengan suhu air setelah melewati *pre treatment*, meskipun pada sistem RO ini terdapat proses fisik yang menimbulkan gesekan tetapi tidak membuat suhu air yang telah melewati membran RO naik, hal ini dapat terjadi karena gesekan yang ditimbulkan tidak terlalu besar sehingga tidak berpengaruh secara signifikan terhadap suhu air yang telah melewati membran RO. Selain itu bakteri patogen *Escherichia coli* dapat tumbuh pada suhu 7°C hingga 44°C dan tumbuh lebih optimal pada suhu 37°C, sehingga pada penelitian ini suhu air bersih masih dalam rentang suhu bakteri *Escherichia coli* untuk berkembang biak.

2. Hasil pengukuran TDS air bersih

Nilai TDS ketika memasuki membran RO sudah dalam kualitas yang baik karena tidak lebih dari 500 ppm sehingga membran RO dapat bekerja dengan maksimal untuk menurunkan bakteri *Escherichia coli*, kemudian nilai TDS mengalami penurunan yang signifikan setelah air melewati membran RO, dan penurunan terbesar terdapat pada tekanan air sebesar 3 bar dengan nilai terkecil TDS sebesar 21 ppm dan rata-rata sebesar 22 ppm, hal ini dapat terjadi karena zat-zat terlarut dalam air tertahan pada membran RO sehingga air yang melewati membran RO merupakan air dengan kualitas yang baik, dan air merupakan air yang layak untuk digunakan bahkan untuk dikonsumsi

karna semakin rendah nilai Total Disolved Solid (TDS) maka semakin murni air dan memiliki kualitas yang baik⁹.

3. Hasil pengukuran pH air bersih

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH yang masuk kedalam sistem RO yaitu masih dalam rentang normal pH operasional sistem RO yaitu 6-9, kemudian air yang telah melewati membran RO memiliki pH relatif turun dari sebelumnya pada semua tekanan, tinggi atau rendahnya nilai pH air tergantung pada beberapa faktor yaitu kondisi gas-gas dalam air seperti CO₂, dan konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, pH dalam air yang dikeluarkan sistem RO dapat turun karena garam-garam karbonat dan bikarbonat dalam air bersih tertahan pada membran RO, sehingga kualitas air yang dikeluarkan oleh sistem RO ini sudah dalam rentang pH netral, maka air layak untuk digunakan bahkan dikonsumsi sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu pH pada rentang 6,5 - 8,5. PH air baku dapat mengubah sifat muatan permukaan membran dan juga mempengaruhi karakteristik zat terlarut dalam air umpan dan, dengan demikian, kinerja pemisahan membran untuk zat terlarut¹⁰. Selain itu bakteri *Escherichia coli* memiliki pH optimum 7 hingga 7,5, dengan pH minimum 4 dan pH maksimum 9 untuk hidup, sehingga pada penelitian ini bakteri tidak mati karena air bersih bersifat terlalu asam atau terlalu basa.

4. Hasil pemeriksaan bakteri *Escherichia coli*

Rata-rata penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih setelah diberi perlakuan dengan menggunakan membran RO yaitu sebesar 8,9 APM/100 ml untuk tekanan 2 bar, 11,3 APM/100 ml untuk tekanan 2,5 bar, dan 22,06 APM/100 ml untuk tekanan 3 bar, sehingga rata-rata penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* terbesar terdapat pada tekanan 3 bar. Dapat diketahui bahwa nilai *post test* pada

semua tekanan yaitu 0 APM/100 ml, sehingga sudah tidak ada lagi bakteri *Escherichia coli* yang tersisa pada air bersih.

5. Mekanisme kerja membran RO

Proses RO merupakan kebalikan dari proses osmosis, yaitu memberikan tekanan balik dengan tekanan osmotik lebih besar pada permukaan cairan yang lebih kental, maka cairan yang lebih murni akan menembus permukaan membran menjadi cairan yang lebih murni¹¹.

Pengolahan dengan menggunakan membran RO merupakan pengolahan proses fisika yang dilakukan dengan memberikan dorongan atau tekanan, menahan semua ion, melepaskan air murni dan membuang air kotor. Membran RO memiliki ukuran pori persepuluh ribu mikron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen, juga koloid yang tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring¹². Pengolahan dengan menggunakan membran RO merupakan pengolahan proses fisika yang dilakukan dengan memberikan dorongan atau tekanan, menahan semua ion, melepaskan air murni dan membuang air kotor. Membran RO memiliki ukuran pori persepuluh ribu mikron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen, juga koloid yang tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring¹².

Mekanisme kerja sistem RO yaitu air baku akan mengalir melewati membran semi permeabel. Tidak semua air bisa dilewatkan melalui membran tersebut, hal ini tergantung pada tekanan yang diberikan dan karakteristik dari membran. Pada sistem RO, air keluaran (*effluent*) yang terbagi dua salah satunya diantaranya dialirkan ke proses produksi yaitu air murni (*permeate*) dan air buangan (*reject water*) yang terbuang tanpa pemanfaatan kembali, air *reject* yang dihasilkan pada sistem RO ini yaitu sebanyak 20-50% dari air baku yang masuk kedalam sistem RO, air *reject* yaitu air yang masih memiliki

kandungan partikel, ion atau zat-zat lainnya yang tidak bisa melewati membran semi permeable akan terbuang sebagai *reject water*. *Reject water* tidak direkomendasikan untuk diolah kembali ke sistem RO karena akan merusak sistem filtrasi.

Membran RO dapat menyisihkan bakteri *Escherichia coli* karena adanya pemisahan berdasarkan ukuran, partikel dengan ukuran lebih kecil akan melewati membran dan keluar bersama aliran *permeate* sedangkan partikel dengan ukuran yang lebih besar akan tertahan. Bakteri *Escherichia coli* memiliki ukuran $1-1,5 \mu\text{m} \times 2,0-6,0 \mu\text{m}^{13}$, sedangkan pori-pori membran RO yaitu sebesar $0,0001 \mu\text{m}$, sehingga bakteri *Escherichia coli* akan tertahan pada membran dan aliran *permeate* yang keluar akan berkualitas baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase membran RO dalam menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih dengan tekanan 2 bar; 2,5 bar; dan 3 bar yaitu sebesar 100%, penelitian sebelumnya menjelaskan bawa efisiensi membran RO dalam merejeksi bakteri *Escherichia coli* sebesar 91% dengan tekanan yang digunakan yang digunakan yaitu 3 bar jumlah bakteri *Escherichia coli* yang tersisa sebesar 8 kol/100 ml, dan semakin rendah tekanan kemampuan membran RO dalam menurunkan bakteri *Escherichia coli* semakin baik⁸, sedangkan pada penelitian ini operasional membran RO dengan tekanan 2 bar pun sudah dapat menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* hingga 100% dan sudah tidak ada lagi bakteri *Escherichia coli* yang tersisa, hal ini dapat terjadi karena didukung dengan alat penelitian yang sudah dilengkapi dengan *pre treatment* sehingga membran RO dapat bekerja secara maksimal untuk menyisihkan bakteri *Escherichia coli* pada air bersih karena adanya filter-filter yang dilewati oleh air bersih sebelum melewati membran RO, sehingga kualitas air yang melewati membran RO sudah

relatif baik. Pada penelitian ini juga melakukan penggantian membran RO setiap kali melakukan pengambilan sampel setiap harinya, sehingga menghindari membran RO dari kondisi jenuh, karena membran RO masih dalam kondisi yang baru sehingga belum ada kontaminan dari air bersih yang melewati RO yang menempel pada permukaan membran RO, dan membran RO dapat bekerja secara maksimal dalam menyisihkan bakteri *Escherichia coli*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa deskriptif dapat diketahui bahwa tekanan air yang digunakan yaitu 2 bar, 2,5 bar dan 3 bar pada membran RO terhadap penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih di industri tekstil semuanya dapat menurunkan bakteri *Escherichia coli* hingga 0 APM/100 ml.

DAFTAR RUJUKAN

1. Rahayu, P., Joko, T. and Dangiran, H. L. (2019) 'Hubungan Faktor Risiko Pencemaran Sumur Gali Dengan Kualitas Bakteriologis Di Lingkungan Pemukiman Rw Iv Kelurahan Jabungan Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 7(3), pp. 156–163.
2. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum.
3. Pakpahan, R. S., Picauly, I. and Mahayasa, I. N. W. (2015) 'Cemaran Mikroba *Escherichia coli* dan Total Bakteri Koliform pada Air Minum Isi Ulang', *Kesmas: National Public Health*

- Journal*, 9(4), p. 300. doi: 10.21109/kesmas.v9i4.733.
4. Pelczar, Michael J dan Chan, E. C. S. 2008. Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid I. Jakarta: UI Press
 5. Suwito, W. et al. (2016) 'Pencemaran Bakteri dalam Air Sumur di Sekitar Peternakan Sapi Potong di Yogyakarta', *Acta VETERINARIA Indonesiana*, 2(2), pp. 43–48. doi: 10.29244/avi.2.2.43-48.
 6. Zikra, W., Amir, A. and Putra, A. E. (2018) 'Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* (E.coli) pada Air Minum di Rumah Makan dan Cafe di Kelurahan Jati serta Jati Baru Kota Padang', *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7(2), p. 212. doi: 10.25077/jka.v7i2.804.
 7. World Health Organization. 2010. Diarrhoeal Disease
 8. Mardiatin, P. and Purwoto, S. (2014) 'Penurunan Kandungan Bakteri *Escherichia coli* Dan Timbal Pada Air Bersih Menggunakan Membran Reverse Osmosis', *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 12(1), pp. 65–70. doi: 10.36456/waktu.v12i1.840.
 9. Saputra, Riki. 2019. Penentuan Zat Padatan Terlarut Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Idi Rayeuk Kabupaten Aceh Timur. Skripsi. Institut Kesehatan Helvitia. Medan.
 10. Heo, Jiyong, dkk. 2020. Contaminants of Emerging Concern in Water and Wastewater. Elsevier Inc
 11. Heitmann, Gunter – Hans, 1990, "Saline water Processing", VCH Publishers, New York.
 12. Metcalf and Eddy, 2004, "Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse", Fourth edition, McGraw-Hill, Inc. New York, St. Fransisco, Auckland.
 13. Nurtsani, R. 2018. Analisis Bakteri Patogen *Escherichia coli* dan *Coliform* Pada Tiram (*Crassostrea sp.*) Yang Berasal Dari Perairan Laut Kecamatan
 14. B. Budiyono, dan L. Buchori. 2012. "THE PERFORMANCE OF REVERSE OSMOSIS MEMBRANE IN WATER TREATMENT," *TEKNIK*, vol. 29, no. 1, pp. 5-8.
 15. Daal, L, dkk. 2015. Advances in Membrane Technologies for Water Treatment. Elsevier Ltd
 16. Elma, Muthia. 2016. *Proses Pemisahan Dengan Teknologi Membran*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press
 17. Said, N. I. (2017) *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga.