

Literature Review: Cycle Time dan Kondisi Operasi Pengolahan Biologis Sequencing Batch Reactor (SBR) dalam Penyisihan TN dan TP

Arum Alfianur Ikhwan^{1*}, Mirna Apriani¹, dan Luqman Cahyono¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111

*E-mail : arumikhwan@student.ppn.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah nutrisi yang ada di perairan merupakan salah satu masalah utama yang dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan. Masalah yang timbul seperti aliran yang beracun disebabkan karena amonia, air tanah terkontaminasi oleh nitrat dan terjadinya eutrofikasi. Teknologi pengolahan biologis untuk menyisihkan nutrisi salah satunya yaitu *Sequencing Batch Reactor* (SBR). SBR terbukti menjadi alternatif yang layak dalam *Biological Nutrient Removal* (BNR). Beberapa *literature review* telah mengkaji mengenai SBR, bila ditinjau kembali *literature review* tersebut masih kurang spesifik membahas tentang kondisi operasi dan *cycle time* pada pengolahan SBR. *Literature review* ini akan mengkaji mengenai kondisi operasi dan *cycle time* pada pengolahan SBR khususnya untuk menyisihkan Total Nitrogen (TN) dan Total Phosphor (TP). Hasil kajian dalam *literature review* ini didapatkan sumber limbah yang dapat menggunakan pengolahan SBR terdiri dari *synthetic wastewater*, limbah industri dan non industri. Kondisi optimum dicapai pada temperatur antara 5°C - 35 °C dan pH antara 7-8,5 dapat mencapai efisiensi penyisihan TN dan TP >90%. *Literature review* ini juga membahas *Future Research* dari pengolahan SBR. Pengolahan SBR kedepannya dapat digunakan sebagai salah satu teknologi dalam menangani limbah nutrisi. Pengolahan SBR memiliki efisiensi cukup tinggi dengan mengkombinasikan beberapa fase dari aerobik, anaerobik, anoksik dan oksik. Kombinasi dari beberapa fase ini dapat meningkatkan laju penyisihan secara optimal.

Keywords : *Future Research, Literature Review, Nutrien, Sequencing Batch Reactor.*

1. PENDAHULUAN

Nutrien merupakan salah satu masalah utama yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan perairan (Liu *et al.*, 2019). Peningkatan jumlah nutrisi di permukaan air dari aktivitas manusia seperti kegiatan industri yang mengeluarkan limbah menyebabkan berbagai masalah lingkungan (Azhdarpoor *et al.*, 2014). Aliran yang mengandung nutrisi dapat menyebabkan aliran beracun (karena amonia), membuat air tanah terkontaminasi oleh nitrat dan terjadinya eutrofikasi (Curtin *et al.*, 2011). Aliran yang beracun karena amonia, disebabkan oleh bentuk molekul amonia nitrogen (NH₃-N) yang tidak terionisasi kemudian menjadi racun bagi perairan. Aliran yang mengandung nitrat mempunyai potensi untuk mencemari air tanah dan dapat menyebabkan *methemoglobinemia* (sindrom bayi biru) yang mengakibatkan mati lemas (Curtin *et al.*, 2011). Eutrofikasi terjadi karena pengayaan nutrisi yang berlebihan dari badan air yang dapat menyebabkan peningkatan pertumbuhan alga dan tanaman berakar (Brown *et al.*, 2005). Oleh sebab itu, penurunan kadar nitrogen dan fosfor dalam limbah cair sangat penting untuk melindungi ekosistem air juga melindungi kesehatan manusia.

Beberapa masalah yang disebabkan oleh nitrogen dan fosfor membuat peran teknologi pengolahan limbah sangatlah penting untuk mengurangi keberadaannya. Teknologi pengolahan limbah yang digunakan berupa pengolahan secara fisik, kimia, maupun biologi. Teknologi pengolahan biologis yang digunakan salah satunya yaitu *Sequencing Batch Reactor* (SBR). SBR merupakan salah satu teknologi pengolahan yang mempunyai fungsi untuk menyisihkan nutrisi dalam bentuk *single tank*. Sistem pengolahan ini memiliki fase siklus yaitu *fill* (pengisian), *react* (pemberian reaksi), *settle* (pengendapan), *decant* (penuangan) dan *idle* (didiamkan) (Metcalf dan Eddy, 2014). Fase siklus merupakan fase yang penting dalam pengolahan SBR. Fase siklus dapat mempengaruhi kinerja dari SBR dalam menyisihkan nutrisi. Waktu yang dibutuhkan dalam fase siklus merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pengolahan SBR. Dalam beberapa tahun terakhir, terdapat peningkatan jumlah penelitian mengenai pengolahan SBR.

Literature review yang telah diterbitkan umumnya berisi mengenai penyisihan TN dan TP menggunakan pengolahan SBR. Namun, bila ditinjau kembali *literature review* tersebut masih kurang spesifik membahas mengenai waktu siklus (*cycle time*) yang dibutuhkan dan kondisi operasi pada pengolahan SBR dalam menyisihkan TN dan TP. *Cycle time* adalah faktor penting yang harus dipertimbangkan saat mengoptimalkan proses pengolahan (Singh dan Sriyastaya, 2010). *Literature review* ini akan memberikan pembaruan

mengenai hasil kemajuan penelitian tentang *cycle time* yang digunakan dan kondisi operasi pada pengolahan SBR dalam menyisihkan TN dan TP selama 10 tahun terakhir. *Literature review* ini disusun dengan tujuan untuk mengkaji mengenai kondisi dan faktor-faktor dari pengolahan SBR yang dapat mempengaruhi *cycle time*. Dengan dituliskannya *Literature review* ini, peneliti ataupun *stakeholder* dari industri dapat memiliki acuan mengenai *cycle time* yang dibutuhkan dalam pengolahan SBR untuk menyisihkan TN dan TP.

2. METODE

Penyusunan *literature review* dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama dilakukan dengan mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan pokok bahasan *literature review*. Referensi *literature review* yang digunakan memiliki ketentuan jurnal terpublikasi diutamakan selama 10 (sepuluh) tahun terakhir. Tahap selanjutnya dilakukan dengan mengkaji referensi dengan pokok bahasan yang relevan dengan tujuan dari penulisan *literature review*. Pokok bahasan dalam *literature review* mengenai kondisi operasi dan *cycle time* pada pengolahan SBR. Tahapan yang terakhir yaitu menyusun kesimpulan dari hasil kajian *literature review*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Limbah Pengolahan SBR

Limbah yang digunakan peneliti dalam menguji kinerja SBR dibagi menjadi tiga yaitu *synthetic wastewater*, limbah industri, limbah non industri. Sumber limbah diperlukan untuk mengetahui kriteria influen limbah yang efisien menggunakan pengolahan SBR dalam menyisihkan TN dan TP.

Tabel 1. Tabel Sumber Limbah *Synthetic Wastewater*

Referensi	Jenis Limbah	Pokok Bahasan			
		Influen Limbah		Efisiensi Penyisihan	
		TN	TP	TN	TP
		(mg/L)	(mg/L)	(%)	(%)
Liu et al., 2019	<i>Synthetic wastewater</i>	28-32	4,3-4,7	67,65	95,84
				84,64	99,68
				80,95	97,57
				86,12	84,24
				97,52	91,93
				69,56	75,53
Luo et al., 2018	<i>Synthetic wastewater</i>	30	8	83,70	81,3
Chen et al., 2012	<i>Synthetic wastewater</i>	100**		90	-
Li et al., 2019	<i>Synthetic wastewater</i>	50	10	89,6	97,5
Jena et al., 2016	<i>Synthetic wastewater</i>	1000*	-	98*	86,7
Kusmierczak et. al., 2012	<i>Synthetic wastewater</i>	30**		66**	83
Xu et al., 2013	<i>Synthetic wastewater</i>	20**		67	-
		40**		80,5	
Alzatemarin 2016	<i>Synthetic wastewater</i>	40	20	99 ± 1**	-
		80	40	99 ± 1**	

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa ada beberapa penelitian yang mampu menghasilkan efisiensi TN dan TP cukup tinggi (>90%) dengan pengolahan SBR. Pada masing-masing penelitian memiliki nilai influen *synthetic wastewater* dan efisiensi yang berbeda-beda. Efisiensi yang berbeda dikarenakan kondisi operasi yang berbeda seperti pH, temperatur, oksigen terlarut dan kondisi operasi lain. Kandungan TN antara 28 mg/L - 50 mg/L dengan menggunakan pengolahan ini dapat menyisihkan antara 80% - 98%. Kandungan TP antara 4,3 mg/L - 10 mg/L berhasil diolah hingga mencapai efisiensi antara 75,53% - 99,68%. Sedangkan pada influen yang mengandung amonia nitrogen sebanyak 20 mg/L - 100 mg/L juga dapat menyisihkan TN hingga 89,6% dan amonia antara 66% - 99%. Influen yang mengandung nitrat sebanyak 1.000 mg/L juga dapat diolah dengan SBR hingga efisiensi nitrat 98%.

Tabel 2. Tabel Sumber Limbah Industri

Referensi	Jenis Limbah	Pokok Bahasan			
		Influen Limbah		Efisiensi Penyisihan	
		TN	TP	TN	TP
		(mg/L)	(mg/L)	(%)	(%)
Jena et al., 2020	Limbah industri pupuk fosfat	1200-1350	100	99*	90
	Limbah cair dari pabrik susu	1000-1100	32-38	99*	89
Faouzi et al., 2013	Limbah Penyamakan Kulit	20		96	92
		20		90	88
Sombatsompop et. al., 2011	Limbah Kandang Babi	300-500		75-87	
Rio et. al., 2012	Limbah Industri Susu	25-185**		76	-
	Limbah Industri Pengalengan Ikan	40-70**		15	
	Limbah Industri Pengolahan Hasil Laut	50-150**		15	
	Limbah Peternakan Babi	70-220**		68	

Dari Tabel 2 didapatkan bahwa masing-masing influen limbah industri memiliki nilai efisiensi yang tinggi terdapat pada limbah industri pupuk fosfat, susu, peternakan babi, dan penyamakan kulit. Efisiensi penyisihan TN dan TP yang dihasilkan cukup tinggi hingga >90%. Konsentrasi TN 20 mg/L - 1.350 mg/L dapat menggunakan pengolahan SBR dengan penyisihan hingga >90%. Konsentrasi amonia 25 mg/L - 500 mg/L dapat menggunakan pengolahan SBR dengan penyisihan antara 60 % - 80%. Pengolahan SBR dapat menyisihkan TP >80% dengan kandungan TP 32 mg/L - 38 mg/L.

Tabel 3. Tabel Sumber Limbah Non Industri

Referensi	Jenis Limbah	Pokok Bahasan			
		Influen Limbah		Efisiensi Penyisihan	
		TN	TP	TN	TP
		(mg/L)	(mg/L)	(%)	(%)
Haque, 2017	Limbah Cair Rumah Sakit	58,18	11,86	82-97**	55-90
				79-97**	75-82
Alfiah dan Sinatria, 2017	Lindi	1013		48,9-86,4	-
Darmayanti, 2011	Limbah Air Buangan RPH	615,42**		39,29**	-
		709,87**		49,32**	
		537,04**		23,27**	
Chen et al., 2013	<i>Septic tank effluent</i>	20-40**	2-8	77-84	95-99

Dari Tabel 3 didapatkan bahwa pada masing-masing penelitian memiliki nilai influen dengan efisiensi yang tinggi didapatkan pada pengolahan limbah rumah sakit, lindi, dan *septic tank*. Efisiensi penyisihan TN dan TP masing-masing mencapai >80% dan >90%.

Kondisi Operasi Pengolahan SBR dan Pengaruh Cycle Time

Kondisi operasi pengolahan SBR diperlukan untuk mengetahui kondisi operasi optimum proses dari SBR. Analisis kondisi operasi diantaranya temperatur, pH, oksigen terlarut, *suspended solid*, dan *retention time*. Menurut Li *et al.*, (2019), suhu rendah (10-25°C) dapat mendukung pertumbuhan dari *Phosphorus Accumulating Organisms* (PAO). Suhu rendah memberikan lingkungan yang lebih baik bagi PAO untuk menunjukkan aktivitas metabolik yang lebih tinggi. Sehingga penyisihan fosfor yang didapatkan tinggi. Perbedaan kondisi suhu dipengaruhi oleh aktivitas bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi. Masing-masing penelitian memiliki nilai temperatur yang optimum. Pengolahan *synthetic wastewater* menggunakan kondisi suhu optimum antara 10°C - 28°C dan kondisi SRT 8-20 hari juga HRT 12 jam - 24 jam. Selain itu, pengolahan *synthetic wastewater* menggunakan kondisi MLSS 3.000 mg/L - 5.000 mg/L dan MLVSS 2.000 mg/L - 4.000 mg/L. Sedangkan pada pengolahan limbah industri dan non industri menggunakan kondisi suhu optimum antara 30°C - 35°C dan kondisi SRT 10-20 hari dan HRT 18 jam - 24 jam. Kondisi MLSS yang digunakan 1.600 mg/L - 8.000 mg/L dan MLVSS 2.000 mg/L - 10.000 mg/L. Nilai MLSS dan MLVSS dapat

dikontrol pada akhir periode aerobik dengan mengambil 200 mL *mixed liquid* pada SBR (Li *et al.*, 2019). Efisiensi penyisihan yang didapatkan TN dan TP >90%.

Kondisi suhu saling berpengaruh dengan kondisi pH dalam perkembangan aktivitas bakteri dalam reaktor. Kondisi pH pada masing-masing penelitian memiliki nilai yang optimum. Pengolahan *synthetic wastewater*, limbah industri dan non industri menggunakan kondisi pH optimum antara 7,0-8,5. Efisiensi penyisihan yang didapatkan TN dan TP >80%. Perubahan pH yang signifikan terbukti mengganggu kinerja nitrifikasi. Perubahan pH yang signifikan adalah perubahan yang terlalu jauh diluar dari kontrol pH optimal yang digunakan. pH optimal (6,5-8) dapat digunakan untuk mempertahankan nitrifikasi. pH yang mendekati pada suhu rendah (10°C - 25°C) dapat memberikan kinerja yang baik (USEPA, 2010; Brown *et al.*, 2005). Pada kondisi operasi oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) masing-masing penelitian memiliki nilai yang optimum dikendalikan pada pengolahan SBR. Dapat dilihat dari penelitian-penelitian tersebut, pengolahan *synthetic wastewater*, limbah industri dan non industri menggunakan kondisi DO 2 mg/L - 8 mg/L (aerobik), 0,2 mg/L - 1,0 mg/L (anaerobik), 0,5-1,0 (anoksik), 1,6 mg/L - 5 mg/L (oksik). Efisiensi penyisihan yang didapatkan TN dan TP mencapai >80% dengan menggunakan bakteri nitrifikasi (*nitrosomonas* dan *nitrobacter*) dan denitrifikasi (*pseudomonas*).

Cycle time merupakan salah satu desain parameter dari pengolahan SBR (USEPA, 1999). *Cycle time* merupakan waktu siklus dari unit pengolahan dengan sistem *batch*. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui pengaruh *cycle time* terhadap penyisihan TN dan TP pada pengolahan SBR. Waktu siklus sangat mempengaruhi efisiensi penghilangan TN (Liu *et al.*, 2019). Pada pengolahan *synthetic wastewater*, didapatkan bahwa *cycle time* optimum dalam mengolah *synthetic wastewater* pada 6 jam (Liu *et al.*, 2019; Luo *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2019; Kusmierczak *et al.*, 2012). Kinerja pada periode 6 jam menghasilkan kondisi operasi relatif stabil karena dapat menyisihkan nitrogen dan fosfor secara simultan pada saat nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada periode 6 jam juga mampu menahan dampak dari lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Kondisi tersebut dikarenakan reaksi yang mencukupi sehingga terjadi peningkatan aktivitas bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi. Pada periode 6 jam efisiensi penyisihan TP meningkat, TP dihilangkan secara biologis dengan pelepasan P dalam fase anaerobik dan serapan P dalam fase aerobik dan anoksik. Umumnya, sebagian besar bakteri denitrifikasi bersifat heterotrofik. Oleh karena itu, membutuhkan sumber karbon organik untuk pertumbuhan sel dan reduksi nitrat. Penambahan sumber karbon dapat meningkatkan kinerja siklus dalam penyisihan nitrogen (Liu *et al.*, 2019). Waktu siklus 6 jam optimum digunakan pada minimum 2 fase. Efisiensi penyisihan TN dan TP yang didapatkan >90%.

Pada pengolahan limbah industri dapat menyisihkan TN 76%, 15%, 15% dan 68% pada industri susu, pengalengan ikan, pengolahan hasil laut, dan peternakan babi. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa *cycle time* optimum dalam mengolah berbagai limbah industri. Waktu siklus yang beragam dipengaruhi oleh jenis limbah industri yang diolah. Penyisihan TN dan TP yang didapatkan hingga >80%. Pada pengolahan limbah non industri didapatkan *cycle time* yang optimum bermacam-macam. Penyisihan TN dan TP yang didapatkan hingga >80%. *Cycle time* mempengaruhi kinerja dari tiap fase. Seperti pada penelitian Haque (2017) dan Darmayanti (2011) dalam fase aerobik. Pada penelitian Haque (2017) semakin lama siklus aerobik, efisiensi penyisihan menurun dari 82-97% menjadi 79-97%. Penelitian Darmayanti (2011) juga mengalami penurunan dari 49,32% menjadi 23,27%.

Kelebihan dan Kekurangan dan *Future Research* Pengolahan SBR

SBR adalah salah satu pengolahan yang banyak dipilih untuk menangani permasalahan nutrisi. Dibandingkan pengolahan lainnya, SBR memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pengolahannya. Kelebihan yang dimiliki SBR merupakan sistem pengolahan yang sangat fleksibel, memiliki struktur yang sederhana, dimana bak ekualisasi, *clarifier* primer dan *clarifier* sekunder dapat terjadi dalam satu wadah reaktor (Liu *et al.*, 2019; USEPA, 1999). Selain itu, SBR salah satu pengolahan yang hanya membutuhkan satu wadah reaktor dalam satu pengolahan dan sistem pengolahan yang sangat efektif untuk fasilitas pengolahan berukuran kecil hingga menengah (Brown *et al.*, 2005; USEPA, 1999). Sedangkan kekurangan yang dimiliki SBR ialah pada penggunaan sistem pengolahan SBR yang berukuran besar, membutuhkan unit pengontrol otomatis yang lebih canggih sehingga membutuhkan biaya operasional dan perawatan yang lebih mahal dalam pengoperasiannya (USEPA, 1999). Pengolahan SBR tidak efektif digunakan pada temperatur yang terlalu tinggi (>40°C) dan temperatur terlalu rendah (<5°C). Temperatur yang terlalu tinggi dapat membunuh bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi yang bekerja dalam menyisihkan nutrisi. Temperatur yang terlalu rendah dapat mengurangi laju pertumbuhan nitrifikasi secara signifikan (Brown *et al.*, 2005). Proses nitrifikasi menghasilkan asam apabila tidak ada alkalinitas yang cukup dalam air limbah maka pH akan turun. pH pada SBR harus dikendalikan agar tidak berada di bawah 7,0. Hal ini dapat menyebabkan menghambat organisme dalam proses nitrifikasi (USEPA, 2010).

Pengolahan SBR memiliki efisiensi cukup tinggi dengan mengkombinasikan beberapa fase dari aerobik, anaerobik, anoksik, dan oksik. Kombinasi dari beberapa fase ini dapat meningkatkan laju penyisihan secara

optimal. Penyisihan amonia yang terjadi pada fase aerobik/oksik dan penyisihan gas nitrogen juga fosfor pada fase anaerobik/anoksik dapat tercapai. Dalam tahun kedepannya, melihat dari kemajuan pengolahan SBR dapat dilakukan dengan skala yang lebih besar yaitu (*pilot scale*) pada industri penghasil nutrien yang sebenarnya. Setelah analisis tersebut berhasil maka potensi pengolahan SBR akan semakin meningkat dan akan dengan mudah untuk diterapkan dalam skala industri secara *real*.

4. KESIMPULAN

Pengolahan SBR dapat digunakan untuk menyisihkan TN dan TP dalam *Synthetic wastewater*, limbah industri, dan limbah non industri. *Cycle time* mempengaruhi kinerja dari tiap fase. Kombinasi waktu siklus tiap fase dapat menghasilkan efisiensi yang optimum. Penambahan atau pengurangan waktu siklus dipengaruhi oleh fase yang terlibat. Pada pengolahan SBR satu fase misalnya fase aerobik, jika semakin lama siklus aerobik efisiensi penyisihan menurun. Namun, pernyataan tersebut tidak berpengaruh apabila lebih dari satu fase. Pengolahan SBR memiliki efisiensi cukup tinggi dengan mengkombinasikan beberapa fase dari aerobik, anaerobik, anoksik, dan oksik. Penyisihan amonia yang terjadi pada fase aerobik/oksik dan penyisihan gas nitrogen juga fosfor pada fase anaerobik/anoksik dapat tercapai. Kombinasi dari beberapa fase ini dapat meningkatkan laju penyisihan secara optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alifah, Taty., Dan Sinatriah, Afrah Zhafirah., 2017. *Pengolahan Lindi Pios Menggunakan Sequencing Batch Reactor (SBR) Pada Perbandingan F/M Rendah*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Azhdarpoor, Aboalfazl, dkk., 2014. *Removal Of Phosphate From Municipal Wastewater Using Anaerobic /Aerobic Modified SBR Reactor*. Iran: Shiraz University Of Medical Sciences.
- Brown, Jeanette., 2005. *Biological Nutrient Removal (BNR) Operation in Wastewater Treatment Plants*.
- Chen, Fang-Yuan., Liu, Yong-Qiang., Hwa, Tay Joo., Ning, Ping., 2012. *Alternating Anoxic/Oxic Condition Combined With Step-Feeding Mode For Nitrogen Removal In Granular Sequencing Batch Reactors (Gsbrs)*. Separation and Purification Technology.
- Chen, Hongbo., Wang, Dongho., Li, Xiaoming., Yang, Qi., Luo, Kun., 2013. Biological phosphorus removal from real wastewater in a sequencing batch reactor operated as aerobic/extended-idle regime. *Biochem. Eng. J.*, 77. 147–153.
- Curtin, Kay., Duerre, Steve., Fitzpatrick, Brian., and Meyer, Pam., 2011. *Biological Nutrient Removal*. Minnesota Pollution Control. 9- 13.
- Darmayanti, Lita., 2011. Kinetika Penyisihan Nitrogen Dalam Air Buangan Rumah Potong Hewan Pada Sequencing Batch Reactor Aerob. *Jurnal Teknobiologi*.
- Faouzi *et al.*, 2013. Contribution to optimize the biological treatment of synthetic tannery effluent by the sequencing batch reactor. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*.
- Haq, Eprilia A., 2017. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Lumpur Aktif Model Sbr Skala Laboratorium [tugas akhir]*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jena, J., Kumar, R., Saifuddin, M., Dixit, A., Das, T., 2016. Anoxic-aerobic SBR system for nitrate, phosphate and COD removal from high-strength wastewater and diversity study of microbial communities. *Biochem. Eng. J.*
- Jena, J., Ray, S., Pandey, S., Das, T., 2013. *Effect of COD/N ratio on simultaneous removal of nutrients and COD from synthetic high strength waste water under anoxic conditions*. *J. Sci. Ind. Res.*, 72, 127–131.
- Jena, Jyotsnarani., Narwade, Nitin., Das, Trupti., Dhotre, Dhiraj., Sarkar, Ujjaini., Souche, Yogesh., 2020. *Treatment Of Industrial Effluents And Assessment Of Their Impact On The Structure And Function Of Microbial Diversity In A Unique Anoxic-Aerobic Sequential Batch Reactor (Anasbr)*. *Journal of Environmental Management*.
- Li, Can., Liu, Shufeng., Ma, Tao., Zheng, Maosheng., Ni, Jinren., 2019. *Simultaneous Nitrification, Denitrification And Phosphorus Removal In A Sequencing Batch Reactor (SBR) Under Low Temperature*. *Chemosphere*.
- Liu, Shuli., Daigger, Glen T., Liu, Bingtao., Zhao, Weiyan., Liu Jing., 2019. *Enhanced Performance Of Simultaneous Carbon, Nitrogen And Phosphorus Removal From Municipal Wastewater In An Anaerobic-Aerobic-Anoxic Sequencing Batch Reactor (AOA-SBR) System By Alternating The Cycle Times*. *Bioresource Technology*.
- Liu, Shuli., dan Li, Jianzheng. 2015. *Accumulation and isolation of simultaneous denitrifying polyphosphate-accumulating organisms in an improved sequencing batch reactor system at low temperature*. *International Biodeterioration & Biodegradation*.

- Luo, Dacheng., Yuan, Linjiang., Liu, Lun., Wang, Yang., Fan, Wenwen., 2018. *The mechanism of biological phosphorus removal under anoxic-aerobic alternation condition with starch as sole carbon source and its biochemical pathway*. Biochemical Engineering Journal.
- Kuśmierczak. 2012. *Long-Term Cultivation Of An Aerobic Granular Activated Sludge*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU).
- Metcalf, Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th ed.)*. New York: Mc Graw Hill.
- Rio et al. 2011. *Aerobic granular SBR systems applied to the treatment of industrial effluents*. Elsevier.
- Singh, Mohini., dan Srivastava, R.K. 2010. *Sequencing Batch Reactor Technology For Biological Wastewater Treatment: A Review*. Asia-Pacific Journal Of Chemical Engineering. Curtin University. India
- Sombatsompop et al. 2011. *A comparative study of sequencing batch reactor and moving-bed sequencing batch reactor for piggery wastewater treatment*. Maejo International Journal Science and technology.
- U.S.Environmental Protection Agency. 1999. *Wastewater Technology Fact Sheet: Sequencing Batch Reactors*.
- U.S.Environmental Protection Agency. 2010. *Nutrient Control Design Manual*.
- U.S.Environmental Protection Agency. 2013. *Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Ammonia*.
- Uygur A, Kargi F. 2004. *Phenol inhibition of biological nutrient removal in a four-step sequencing batch reactor*. Process Biochemistry, 39(12): 2123-2128.
- Wang, Lawrence K., Nazih K. Shammass and Yung Tse Hung., 2009. *Advanced Biological Treatment Processes*.
- Xu et al. 2013. *Enhanced biological nutrient removal in sequencing batch reactors operated as static/oxic/anoxic (SOA) process*. Cina. Elsevier.
- Zhao, Weihua., Zhang, Yong., Lv, Dongmei., Wang, Meixiang., Peng, Yongzhen., Li, Baikun., 2016. *Advanced Nitrogen And Phosphorus Removal In The Pre-Denitrification Anaerobic/ Anoxic/Aerobic Nitrification Sequence Batch Reactor (Pre-A₂NSBR) Treating Low Carbon/Nitrogen (C/N) Wastewater*. Chemical Engineering Journal.