

4. Kết luận

Với đặc điểm rẽ tiền, đơn giản, có thể dễ dàng cài đặt và chạy trên các máy tính cá nhân của giảng viên, sinh viên, dễ dàng xây dựng CSDL mới từ các thông tin sẵn có, phần mềm mô phỏng Radar được xây dựng như trên hoàn toàn có thể sử dụng trong giảng dạy, huấn luyện, đáp ứng tốt các yêu cầu về thực hành của sinh viên khi các điều kiện thực hành còn nhiều hạn chế.

Thực tế, phần mềm đã được các tác giả thử nghiệm sử dụng trong giảng dạy tại Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải và cho kết quả tốt. Trong thời gian tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tập trung hoàn chỉnh các chức năng mô phỏng như đưa thêm các hệ số về tính chất phản xạ của các bề mặt khác nhau, cũng như mở rộng thêm module điều động tàu, module hiển thị cảnh để tăng hiệu quả sử dụng cho đào tạo, huấn luyện sinh viên và thuyền viên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. "Starpath Radar Trainer 3.0", at "http://www.landfallnavigation.com/radarsimulator.html";
- [2]. Nguyễn Công Vĩnh (2005), "Phần mềm mô phỏng radar tàu biển JMA627-6 trên máy tính PC";
- [3]. Nguyễn Thái Dương và cộng sự (2013), Địa văn Hàng hải I,II,III, NXB Giao thông vận tải;
- [4]. NP 735 IALA Maritiem Buoyage System, 7th Edition 2012, ADMIRALTY;
- [5]. J.P.Clarke (2000), The Mariner's Handbook, The United Kingdom Hydrographic Office.

Ngày nhận bài: 10/3/2017

Ngày phân biện: 23/3/2017

Ngày duyệt đăng: 27/3/2017

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ THÀNH PHẦN HỮU CƠ TRONG NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ BẰNG CÔNG NGHỆ Màng Lọc MBR (MEMBRANE BIOREACTOR) APPLICATION OF MEMBRANE BIOREACTOR (MBR) TECHNOLOGY FOR ORGANIC MATTER TREATMENT IN URBAN WASTEWATER

NGUYỄN MINH KỲ^{1,2}, TRẦN THỊ TUYẾT NHI³, NGUYỄN HOÀNG LÂM⁴

¹Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

²Trung tâm Phát triển Môi trường và Con người (DfEP)

³Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

⁴Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt

Công nghệ màng lọc sinh học (MBR) được thí nghiệm áp dụng xử lý nước thải đô thị đạt hiệu quả xử lý cao. Đây là một trong những phương pháp tiên tiến và đã được áp dụng xử lý thành công nhiều loại nước thải khác nhau từ đô thị cho tới các loại nước thải công nghiệp khó xử lý. Mô hình thí nghiệm MBR là sự kết hợp giữa hai quá trình cơ bản: Phân hủy sinh học chất hữu cơ và kỹ thuật tách sinh khối vi sinh bằng màng. Nhờ nồng độ sinh khối cao nên gia tăng hiệu quả xử lý nước thải so với phương pháp truyền thống. Hiệu quả xử lý trung bình BOD₅, COD tương ứng lần lượt 94,6 và 92,6%. Ưu điểm của MBR có thể áp dụng xử lý nguồn nước thải có tải trọng cao.

Từ khóa: MBR, BOD₅, COD, nước thải đô thị, sinh khối, bùn hoạt tính.

Abstract

Membrane Bioreactor (MBR) technology was applied urban wastewater treatment and achieved highly treatment efficiency. This is one of the advanced methods and has been applied successfully for many different industrial and urban wastewater types. MBR experimental model is a combination of two basic processes: The organic matter biodegradation and microbial biomass separation technique by membrane. The high biomass concentration due to increase wastewater treatment efficiency more than traditional methods. The average treatment efficiency of BOD₅, COD are 94.6 and 92.6%, respectively. Advantages of MBR method can be applicabled and treated the highly organic load wastewater.

Keywords: MBR, BOD₅, COD, urban wastewater, biomass, activated sludge.

1. Đặt vấn đề

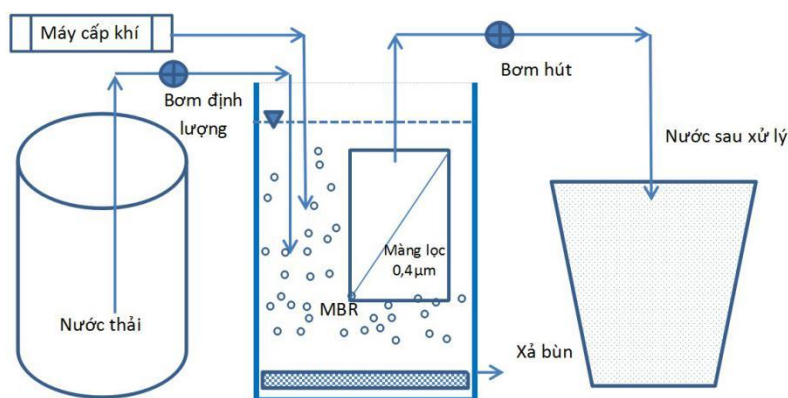
Công nghệ màng lọc sinh học MBR (Membrane Bioreactor) là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính sinh học và màng lọc [3]. Đây là một trong những phương pháp tiên tiến, đã được áp dụng xử lý thành công nhiều loại nước thải khác nhau từ đô thị cho tới các loại nước thải công nghiệp, y tế có thành phần phức tạp và khó xử lý. MBR là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính với màng để tách bùn ra khỏi dòng sau xử lý. Với việc sử dụng màng lọc có kích thước lỗ màng dao động từ 0,01-0,4 μ m nên vi sinh vật, chất ô nhiễm, bùn bị giữ lại tại bề mặt màng. Đồng thời, bùn sinh học sẽ được giữ lại trong bể phản ứng, mật độ vi sinh cao nên nâng cao hiệu suất xử lý chất ô nhiễm [15].

Các nghiên cứu trước đây cho thấy tính ưu việt của việc ứng dụng công nghệ MBR xử lý nước thải y tế, công nghiệp hay đô thị. Nghiên cứu của Porntip *et al.*, 2006 [8] trên đối tượng nước thải chế biến thủy hải sản đạt hiệu quả xử lý BOD₅, COD và TOC rất cao, lần lượt tương ứng 99, 85 và 85%. Quá trình MBR cũng đạt hiệu quả xử lý cao đối với nước thải công nghiệp hóa dầu (Qin *et al.*, 2007) [9]. Một số công trình trong nước nghiên cứu xử lý nước thải đô thị/sinh hoạt như của các tác giả Đỗ Khắc Uẩn và cs (2010) [11], Trần Đức Hạ và nnk (2012) [4], Trần Thị Việt Nga và cs [7], Trần Hữu Uyển và Trần Đức Hạ, 2013 [12] cũng đạt được kết quả khả quan. Trong nghiên cứu này, mô hình thí nghiệm MBR là sự kết hợp giữa hai quá trình cơ bản (phân hủy sinh học chất hữu cơ và kỹ thuật tách sinh khối bằng màng) trong một đơn nguyên nhằm mục đích đánh giá hiệu quả xử lý nước thải đô thị.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình thí nghiệm

Bể phản ứng được thiết kế với dung tích hữu ích 36 lít (kích thước L.W.H = 24*20*75cm) và module màng nhúng chìm có kích thước lỗ lọc 0,4 μ m, diện tích bề mặt 0,9 m² (Mitsubishi, Japan). Thời gian lưu bùn (Solids Retention Time, SRT) được kiểm soát theo chế độ 25 ngày. Chu kỳ hoạt động và nghỉ của màng lọc với thời gian 10:1 phút. Đề duy trì DO \geq 2,0 mg/l trong quá trình vận hành, nghiên cứu bố trí sử dụng thiết bị cấp khí có lưu lượng 1,7 m³/h. Hiệu suất lọc qua màng tương đương 15-20 l/(m².h). Không khí được cung cấp để vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ, thúc đẩy quá trình nitrate hóa và giảm tắc nghẽn màng. Nồng độ MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids) ban đầu trong bể phản ứng duy trì tương đương 10.000 mg/l.



Hình 1. Sơ đồ mô hình thí nghiệm

Bảng 1. Thông số và các giai đoạn vận hành

Giai đoạn	Ngày thứ	Lưu lượng, lít/giờ	HRT, giờ	SRT, ngày	OLR, kgCOD/m ³ .ngày
1	1-30	4	9,0	25	1,7
2	31-60	8	4,5	25	3,4
3	61-90	12	3,0	25	5,1
4	91-121	16	2,25	25	6,8

Mô hình nghiên cứu tiến hành điều chỉnh pH dao động trong khoảng 6,5-8,0 và vận hành trong thời gian 121 ngày với chế độ HRT khác nhau để đánh giá hiệu quả xử lý BOD₅ và COD. Trong quá trình vận hành chỉ rửa súc màng bằng nước sạch, sục khí bề mặt và không bổ sung dinh dưỡng

cũng như không kiểm soát F/M. Thí nghiệm với dòng nước thải: 4, 8, 12, 16 lít/giờ. Tương ứng thời gian lưu thủy lực (Hydraulic Retention Time, HRT) lần lượt 9,0; 4,5; 3,0 và 2,25 giờ. Tải trọng hữu cơ (Organic Loading Rate, OLR) dao động trong khoảng 1,7 đến 6,8 kgCOD/m³.ngày.

2.2. Phương pháp phân tích

Phương pháp phân tích các thông số chất lượng nước theo phương pháp chuẩn APHA, 2005 [1]. Tần suất đo đạc các chỉ tiêu chất lượng nước được thực hiện 3 lần/tuần. Các giá trị pH, nhiệt độ, DO được đo bằng thiết bị đo nhanh. Trong đó, pH đo bằng máy cầm tay WTW 340i (Đức) và DO xác định bằng thiết bị đo nhanh cầm tay (Oron, Mỹ). Xác định chỉ tiêu BOD₅ bằng phương pháp ủ trong tủ cấy ở điều kiện 20°C và 5 ngày (Tủ ủ BOD Aqualytic, Đức). Hàm lượng COD đo bằng máy quang phổ UV-VIS, theo phương pháp SMEWW 5220-D:2005. Nồng độ MLSS, MLVSS (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids) được xác định theo phương pháp trọng lượng (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45µm rồi sấy khô đến khối lượng không đổi ở các nhiệt độ 105°C và 550°C).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Thông số vận hành và ưu điểm của công nghệ MBR

Nước thải nghiên cứu được lấy từ một số khu dân cư ở TP. Hồ Chí Minh. Nước thải nghiên cứu có thành phần và hàm lượng các chất ô nhiễm được thể hiện ở bảng 2.

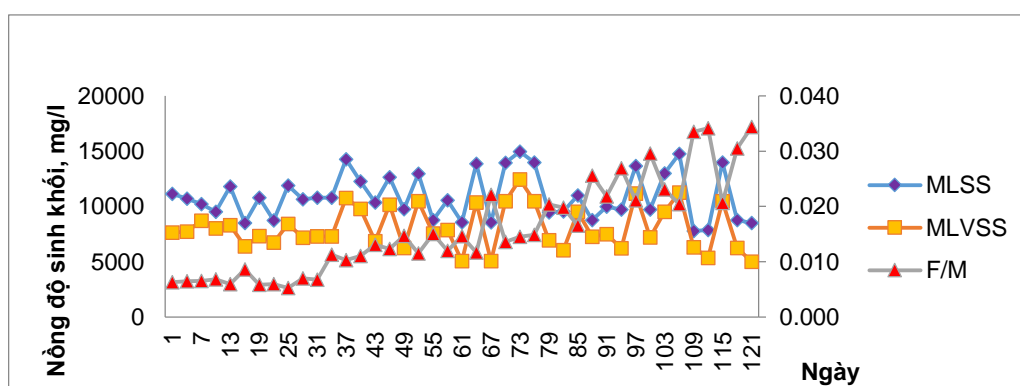
Bảng 2. Kết quả chất lượng nước thải đô thị và giới hạn cho phép

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả		QCVN 14:2008/BTNMT (Cột A)
			Mean	SD	
1	pH	-	7,6	0,4	5-9
2	DO	mg/l	1,1	0,13	≥2 ^a
3	BOD ₅	mg/l	312	14,5	30
4	COD	mg/l	630	27,8	75 ^b
5	Nito tổng	mg/l	33	4,7	20 ^b
6	Photpho tổng	mg/l	21	3,2	4 ^b

Chú thích: QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt

^aQCVN 39:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu

^bQCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (cột A)



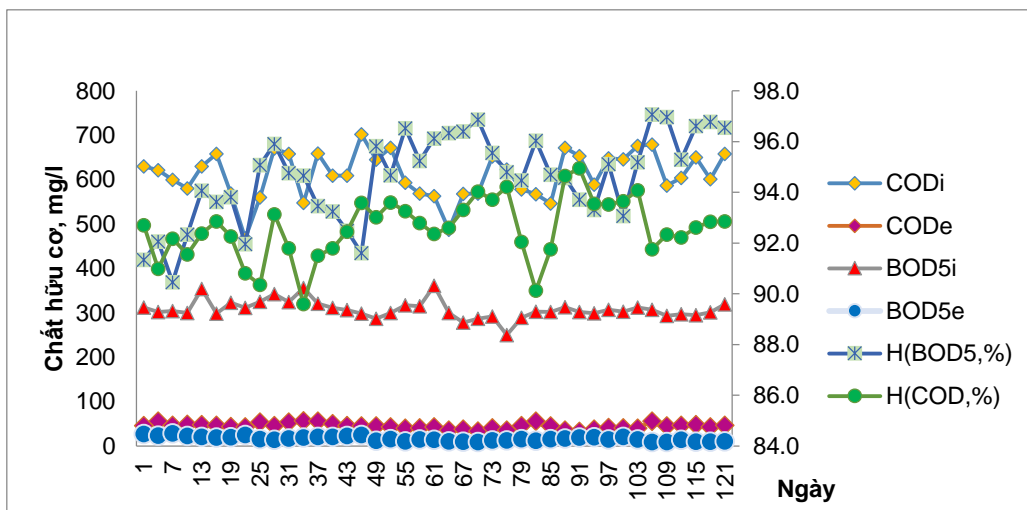
Hình 2. Nồng độ sinh khối và chỉ số F/M trong bể phản ứng theo các tải trọng

Thông số pH được duy trì trong khoảng giá trị từ 6,7 đến 8,4 và có trung bình bằng 7,5 (SD=0,44; n=41). Trong khi, hàm lượng oxy hoà tan (DO) biến thiên từ 3,7 đến 6,5 mg/l và có trung bình 4,8 mg/l (SD=0,92; n=41). Nhiệt độ bể phản ứng trung bình 35,2°C (SD=1,84; n=41), các giá trị thấp nhất - cao nhất lần lượt tương ứng 28,7°C và 44,3°C. Nhìn chung, nồng độ MLSS trung bình bể phản ứng được duy trì tương đương 10,913,1 ± 2089,7 mg/l. Nồng độ MLSS theo các giai đoạn vận hành thí nghiệm có giá trị lần lượt 10431,1 ± 1114,5 (OLR₁); 11092,5 ± 1887,0 (OLR₂); 11403,5 ± 2501,9 (OLR₃) và 10773,4 ± 2756,8 mg/l (OLR₄). Nồng độ MLSS cao được duy trì trong bể phản ứng gia tăng hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm.

Ngoài ra, giá trị biến thiên nồng độ MLVSS cũng được thể hiện ở hình 2. Cụ thể, trong các giai đoạn vận hành tương ứng lần lượt $7603,8 \pm 712,4$ (OLR_1); $8202,5 \pm 1968,5$ (OLR_2); $8603,5 \pm 2370,5$ (OLR_3); $7873,4 \pm 2463,3$ mg/l (OLR_4). Hoạt động vận hành có tỷ số F/M khá thấp và dao động từ 0,005 đến 0,034 (ngày^{-1}). Quá trình tạo bùn thấp trong điều kiện F/M thấp cũng được khẳng định trong nghiên cứu của Huang *et al.*, 2001 [5]. Thông thường, giá trị F/M thấp do sinh khối được giữ lại để duy trì nồng độ MLSS ở mức độ cao (Metcalf & Eddy, 2003) [6]. Việc áp dụng công nghệ màng lọc sinh học (MBR) có những ưu điểm và có thể sử dụng để xử lý nước thải đô thị (Rosenberger *et al.*, 2002) [10].

3.2. Khả năng xử lý các hợp chất hữu cơ

Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ chủ yếu nhờ vào hoạt động của bùn hoạt tính trong bể phản ứng và một phần nhỏ là kết quả của quá trình lọc màng [13]. Lưu lượng không khí cấp cho bể phản ứng là nhân tố chủ đạo ảnh hưởng mạnh mẽ đến hoạt động sinh hóa loại bỏ BOD₅ và COD. Hiệu quả xử lý trung bình BOD₅, COD tương ứng lần lượt 94,6 và 92,6%. Phân chi tiết giá trị thông số BOD₅, COD trước và sau xử lý trong suốt thời gian 121 ngày vận hành được thể hiện ở hình 3. Hàm lượng BOD₅ khảo sát dao động trong khoảng 250 - 361 mg/l. Kết quả sau xử lý dao động từ 8,7 đến 29,0 mg/l. Kết quả COD đầu vào dao động mức khá cao (từ 468 đến 702 mg/l), tuy nhiên COD đầu ra có kết quả khá thấp ($\leq 57,0$ mg/l). Trong khi, theo như QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt (Cột A), ngưỡng giới hạn cho phép đối với các chỉ tiêu BOD₅, COD lần lượt là 30 và 75 mg/l. Điều này cho thấy tiềm năng công nghệ MBR có thể áp dụng cho mục đích xử lý và tái chế nước thải bảo vệ môi trường.



Hình 3. Sự thay đổi hàm lượng và hiệu suất xử lý chất hữu cơ trong quá trình vận hành

Trong điều kiện tuổi bùn cao đạt được do thời gian lưu bùn (SRT) lớn (25 ngày) cho phép quá trình khoáng hóa hoàn toàn các chất hữu cơ thô dễ phân hủy sinh học trong nước thải. Hiệu quả xử lý COD cao tương ứng với sự gia tăng nồng độ MLSS trong bể phản ứng. Nồng độ MLSS có vai trò quan trọng trong quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ (Xing *et al.*, 2000) [13]. Hiệu quả xử lý BOD₅ tăng theo thời gian khi tăng tải trọng hữu cơ từ 1,7 (tương ứng hiệu suất 93,2%) lên 6,8 kgCOD/m³.ngày (tương đương 95,6%). Tương tự đối với hàm lượng COD, hiệu suất cũng có xu hướng tăng nhẹ từ 91,9% (giai đoạn 1) lên 93,1% (giai đoạn 3) và sau đó giảm nhẹ xuống ở giai đoạn 4 (92,9%). Chi tiết hiệu suất xử lý BOD₅ và COD theo các tải trọng khác nhau được trình ở các bảng 3.

Kết quả nghiên cứu được thể hiện ở hình 3 cho thấy hiệu suất xử lý các các hợp chất hữu cơ của công nghệ MBR cao. Nghiên cứu của Xing *et al.*, 2001 [14] trên nước thải đô thị cũng có kết quả loại COD rất tốt, hiệu suất xử lý đạt 95%. Hiệu suất loại BOD₅ thấp nhất đạt 90,5% (ngày thứ 7) và cao nhất lên tới 97,1% (ngày thứ 106). Trong khi mức độ xử lý COD dao động từ 89,6% (ngày thứ 34) đến 94,9% (ngày thứ 91). Trong bể phản ứng MBR hiếu khí, hàm lượng COD giảm thiểu là kết quả của quá trình sản sinh các hợp chất dễ bay hơi và giải phóng trong điều kiện hiếu khí [2].

Bảng 3. Hiệu quả xử lý BOD₅ và COD theo các tải trọng khác nhau

OLR	Kết quả	BOD ₅			COD		
		BOD ₅ vào	BOD ₅ ra	H, %	COD vào	COD ra	H, %
OLR ₁ =1,7 kgCOD/m ³ .ngày	Mean	317,7	21,4	93,2	604,0	48,5	91,9
	SD	18,0	4,7	1,7	58,4	4,3	0,9
OLR ₂ =3,4 kgCOD/m ³ .ngày	Mean	317,2	17,7	94,4	616,9	46,6	92,4
	SD	24,0	4,8	1,6	51,1	5,9	1,2
OLR ₃ =5,1 kgCOD/m ³ .ngày	Mean	291,6	13,6	95,3	591,5	40,1	93,1
	SD	17,7	3,3	1,0	57,5	7,1	1,5
OLR ₄ =6,8 kgCOD/m ³ .ngày	Mean	303,3	13,4	95,6	633,8	44,7	92,9
	SD	8,1	4,4	1,5	35,3	5,2	0,7

4. Kết luận

Nghiên cứu áp dụng công nghệ màng lọc sinh học (MBR) xử lý nước thải đô thị có hiệu quả xử lý BOD₅, COD cao và ổn định. Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ đáp ứng yêu cầu Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN14:2008/BTNMT. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm có xu hướng tăng dần khi lần lượt tăng tải trọng hữu cơ. Ưu điểm của công nghệ MBR là duy trì nồng độ MLSS ổn định, cao và tạo điều kiện dễ vi sinh xử lý chất ô nhiễm cũng như được thẩm lọc qua màng có kích thước khe nhỏ. Đây là công nghệ thích hợp cho việc ứng dụng thiết kế hệ thống xử lý nước thải đô thị nhằm mục đích kiểm soát ô nhiễm và bảo vệ môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. APHA, AWWA, WEF, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Ed., American Public Health Association, Washington DC, 2005.
- [2]. Barker, P. S., Dold, P. L., "Sludge production and oxygen demand in nutrient removal activated sludge systems", *Water Science and Technology*, 34:43-50, 1996.
- [3]. Baker, R.W., *Membrane Technology and Application*, 2nd Ed., John Wiley & Sons Ltd, USA, 2004.
- [4]. Trần Đức Hạ, Trần Thị Việt Nga, Trần Hoài Sơn, "Ứng dụng công nghệ AO-MBR để xử lý nước thải sinh hoạt Hà Nội", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Viện KH&CN Việt Nam, 50(2B):40-47, 2012.
- [5]. Huang, X., Gui, P. and Qian, Y., "Effect of sludge retention time on microbial behaviour in a submerged membrane bioreactor", *Process Biochem.*, 36:1001–1006, 2001.
- [6]. Metcalf & Eddy, *Wastewater engineering treatment and reuse*, 4th Ed., McGraw Hill, 2003.
- [7]. Trần Thị Việt Nga, Trần Hoài Sơn, Trần Đức Hạ, "Nghiên cứu xử lý nước thải đô thị bằng phương pháp sinh học kết hợp màng vi lọc", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 13:35-41, 2012.
- [8]. Porntip, C.S., Jansongkod, K., Anthony, P., & Christelle, W., "Benefits of MBR in seafood wastewater treatment and water reuse: study case in Southern part of Thailand", *Desalination.*, 200:712-714, 2006.
- [9]. Qin, J.J., Oo, M.H., Tao, G., & Kekre, K.A., "Feasibility study on petrochemical wastewater treatment and reuse using submerged MBR", *Journal of Membrane Science*, 293:161–166, 2007.
- [10]. Rosenburger, S., Kruger, U., Witzig, W., Manz, W., Szewzyk, U., Kraume, M., "Performance of a Bioreactor with Submerged membranes for Anaerobic Treatment of Municipal Waste Water", *Water Research.*, 36(2):413-420, 2002.
- [11]. Đỗ Khắc Uẩn, Rajesh Banu, Ick- Tae Yeom, "Đánh giá các ảnh hưởng của thông số động học và điều kiện vận hành đến sản lượng bùn dư trong hệ thống xử lý nước thải đô thị bằng phương pháp sinh học kết hợp với lọc màng", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Đại học Đà Nẵng, 4(39):25-33, 2010.
- [12]. Trần Hữu Uyển, Trần Đức Hạ, "Nghiên cứu chế tạo hệ thống xử lý nước thải quy mô nhỏ bằng công nghệ MBR", Báo cáo đề tài NCKH cấp Nhà nước, Đề án Phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025, Hà Nội, 2013.
- [13]. Xing C.H., Tardieu E., Qian Y., Wen W.H., "Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation". *J. Membr. Sci.*, 177:73–82, 2000.