

HIỆU QUẢ CHUYỂN HÓA THÀNH PHẦN HỮU CƠ TRONG HỆ YẾM KHÍ MÀNG VI SINH CHUYỂN ĐỘNG (MBBR)

Đến toà soạn 02-01-2024

Nguyễn Thị Nga¹, Nguyễn Trường Quân², Cái Anh Tú¹, Vũ Kim Ngân¹,
Nguyễn Thị Hà^{1*}

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trung tâm nghiên cứu Công nghệ môi trường và Phát triển bền vững,
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

*Email: nguyenthaha@hus.edu.vn

SUMMARY

EFFICIENCY OF ORGANIC MATTER CONVERSION IN ANAEROBIC MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR) SYSTEM

When discharged into the environment, organic matter in wastewater will decompose, depleting the oxygen source in the water, affecting aquatic life, affecting the landscape, causing ecological imbalance. Therefore, applying appropriate technology to treat organic-rich wastewater is a very important and urgent issue. One of the biological treatment technologies that has been and is being applied is the moving bed biofilm reactor system (MBBR) with a moving carrying material with a adhered microorganisms to the surface (biofilm) to create favorable conditions for anaerobic microorganisms to grow and decompose organic matter in wastewater. This study evaluated the effectiveness of decomposing organic matter of actual piggery wastewater based on total COD and dissolved COD of a laboratory-scale anaerobic MBBR system with 3 input loading rates: 2.0; 4.0 and 6.0 gCOD/L.day. The results showed that the decomposition efficiency of organic matter reached the highest of about 80 and 60% for COD_t and COD_{ht} , respectively. The removal efficiency of TSS was quite high, reaching 84-90%. However, there was no clear correlation between organic matter decomposition efficiency and TSS type especially at high loading rates. The density of microorganisms in the reaction system increased significantly with high density and mainly (90-92.5%) were adhered microorganisms in biofilm.

Keywords: adhered microorganisms, anaerobic, MBBR, organic matter, piggery wastewater.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các phương pháp sinh học ứng dụng trong xử lý nước thải, hệ phản ứng màng vi sinh chuyển động (MBBR) – là một trong các công nghệ xử lý nước thải tiên tiến, kết hợp các ưu điểm của cả

màng sinh học và bùn hoạt tính để nâng cao hiệu quả [1-2]. Công nghệ MBBR được phát triển vào những năm 1980, có thiết kế đơn giản, dễ dàng điều chỉnh công suất, được áp dụng hiệu quả cho xử lý nước thải đô thị và công nghiệp [3-5] mà phổ biến là hệ MBBR yếm khí (AnMBBR).

Nguyên lý cơ bản của hệ MBBR là vật liệu mang lơ lửng (chuyển động) trong cột phản ứng làm tăng diện tích tiếp xúc của vi sinh vật và nước thải và hình thành màng vi sinh bám dính dần trên bề mặt. Hệ MBBR có những ưu điểm nổi bật sau [6]: (i) diện tích bề mặt riêng lớn nên có thể cung cấp môi trường tốt hơn cho vi sinh vật tạo sự đa dạng và mật độ cao; (ii) thuận lợi cho vi sinh vật phát triển và tạo chu kỳ phát triển của vi sinh vật trên các vật liệu mang lơ lửng kéo dài, không bị ảnh hưởng của thời gian lưu thủy lực (HRT).

Ở Việt Nam đã có các nghiên cứu sử dụng hệ MBBR yếm khí để xử lý nước thải giàu hữu cơ qui mô phòng thí nghiệm và thử nghiệm. Các nghiên cứu động học, hiệu suất sinh khí, ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ đầu vào và loại vật liệu mang đã được khảo sát [7-8]. Tuy nhiên các nghiên cứu mới đạt hiệu quả loại bỏ COD, BOD₅ chưa cao, tương ứng đạt khoảng 67 –75%. Trong nghiên cứu này đã đánh giá hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ của hệ yếm khí MBBR với một số điều kiện vận hành hệ nhằm tối ưu quá trình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Mẫu nước nghiên cứu

Mẫu nước nghiên cứu: nước thải chăn nuôi thực tế được lấy ngay sau rửa chuồng (là nước thải tươi chưa qua bể biogas). Các quy trình lấy mẫu và bảo quản mẫu được áp dụng theo các Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 6663-14:2018 (ISO 5667-14:2014) và TCVN 6663- 3:2016 (ISO 5667-3:2012).

Nước thải được pha loãng để có giá trị COD trong khoảng 1000-3000 mg/L tương ứng với các tải trọng nghiên cứu: 2,0-6,0 gCOD/L.ngày.

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Vật liệu mang: polyetylen (PE) hình bánh xe 10x15 mm; Diện tích bề mặt riêng: 800 - 1.000 m²/m³; tỷ trọng 60 kg/m³. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm AnMBBR (hình 1) gồm: (i) Bể nước đầu vào: 120 L; (ii) 01 cột phản ứng hình trụ, D = 0,14 m; H = 1,1 m; V = 16,9 L, vật liệu mang chiếm 1/3 V; (iii) 01 cột lắng, D = 0,14 m; H = 0,5 m; V =

7,7 L; (iv) 01 bộ điều nhiệt duy trì 35 ± 2°C ở cột phản ứng; (v) 01 bơm cấp nước thải và 01 bơm tuần hoàn.

Nước thải đầu vào, Q_v 1,0 L/h ứng với HRTs 12 giờ, được chọn theo Ankit và nnk [1]. Nước thải được đưa tới cột phản ứng từ đáy cột.

Hóa chất: sử dụng loại của Merck, Đức gồm: kali phthalat, kali dichromat, bạc sulfat, thủy ngân (II) sunphat, natri chlorid, natri hydroxid, đồng sulfat (CuSO₄.5H₂O), magesi sulfat (MgSO₄.7H₂O), acid sulfuric 98%, acid clorhydric 37%.

Thiết bị: Sử dụng bộ phá mẫu COD ECO16 – Velp, Italia; Máy đo mật độ quang UV – VIS 1240 – Shimadzu, Nhật Bản.

2.3. Phương pháp phân tích đánh giá mức độ phân hủy thành phần hữu cơ

Mẫu nước đầu ra: được lấy 2 ngày/đợt với 10, 13 và 15 đợt tương ứng với các tải trọng 2,0; 4,0 và 6,0 gCOD/L.ngày.

Phân tích COD tổng (COD_t) và COD hòa tan (COD_h), TSS, và MLSS tương ứng theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989); SMEWW 5520C:2012; TCVN 6625:2000. Các mẫu được phân tích lặp lại 2 lần, lấy giá trị trung bình.

Tính khối lượng màng vi sinh bám dính trên vật liệu mang (g/m²) = $\Delta m / S_{bm}$

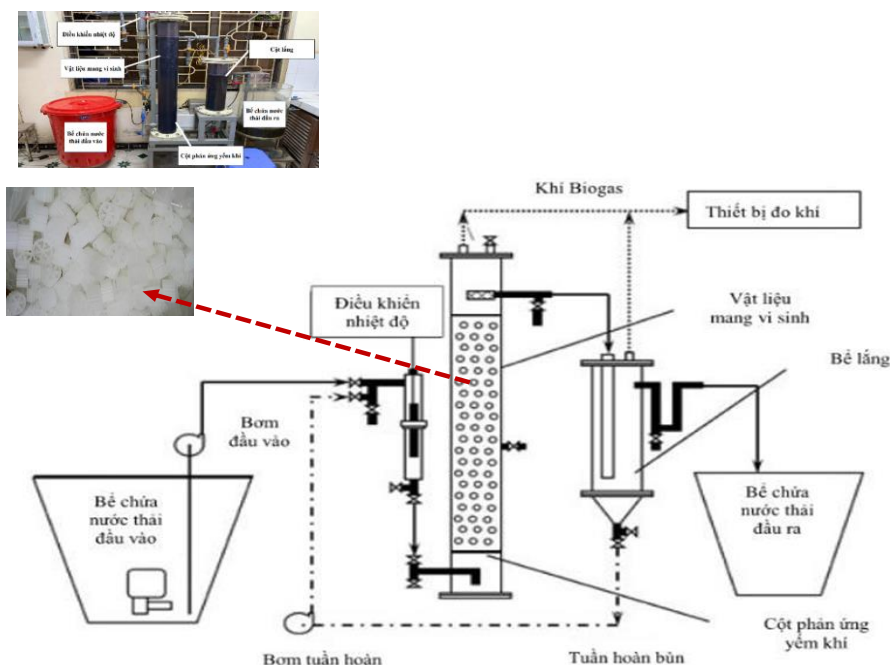
Trong đó: Δm : *Chênh lệch khối lượng vật liệu mang có và không có màng vi sinh (g)*
 S_{bm} : *Tổng diện tích bề mặt của vật liệu mang (m²)*
 Tính mật độ bùn vi sinh trong cột phản ứng (g/L) = $(m_1 + m_2) / V_{cột}$

Trong đó: m_1 - *lượng bùn vi sinh dạng lơ lửng trong cột phản ứng (g)*; m_2 - *lượng bùn vi sinh bám dính trên vật liệu mang trong cột (g)*; $V_{cột}$: *Thể tích của cột phản ứng (12 L)*

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích nước thải đầu vào hệ AnMBBR

Đặc tính mẫu nước đầu vào được đưa ra ở bảng 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm AnMBBR quy mô phòng thí nghiệm (thể tích cột phản ứng 12 L) [9]

Bảng 1. Đặc tính nước thải đầu vào ứng với các tải trọng hữu cơ

Chỉ tiêu		COD (mg/L)		Tỉ lệ COD_t/COD_{ht}	TSS (mg/L)
		COD_t	COD_{ht}		
Giá trị	n=10	1.080 ± 211	470 ± 99	2,27-2,34	288 ± 109
	n=13	1.988 ± 531	1.093 ± 265	1,76-1,85	619 ± 230
	n=15	3.043 ± 768	1.401 ± 115	1,77-2,50	627 ± 236

Bảng 1 cho thấy tỉ lệ COD_t/COD_{ht} dao động trong khoảng 1,76- 2,50, phù hợp với nghiên cứu của Đỗ Quang Trung và nnk, 2019 [9].

3.2. Hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ

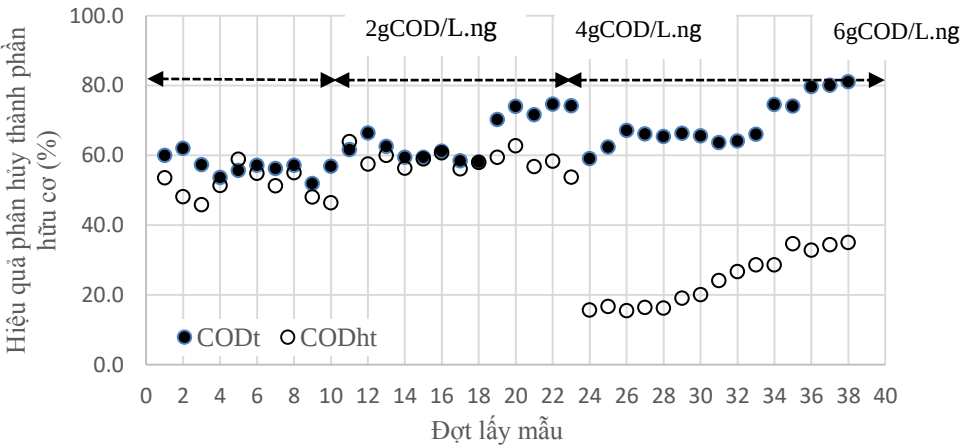
Kết quả (hình 2) cho thấy ở tải trọng 2,0 gCOD/L.ngày, sau 2 tuần vận hành hệ, hiệu suất phân hủy đạt khoảng 54 - 61% tính theo COD_t và 46-59% theo COD_{ht} . Trong cả quá trình vận hành giá trị COD_{ht} cũng giảm theo xu hướng của giá trị COD tổng. Với tải trọng 4,0 gCOD/L.ngày, hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ đạt cao hơn, khoảng 58-75 và 54-64% tương ứng với COD_t và COD_{ht} . Hiệu suất phân hủy dao động lớn trong khoảng 59 đến 81% tính theo COD_t với tải trọng 6,0 gCOD/L.ngày, đặc biệt hiệu quả theo COD_{ht} giảm một cách rõ rệt chỉ đạt 16-35%.

Kết quả khảo sát cũng phù hợp với nghiên cứu xử lý thành phần hữu cơ từ nước thải nuôi lợn bằng hệ MBBR yếm khí sử dụng vật liệu mang PU và PE của Nguyễn Trường Quân và nnk [8]. Trong nghiên cứu này, hiệu quả loại bỏ COD với vật liệu mang PU tại tải trọng 4 – 6 gCOD/L.ngày dao động trong khoảng 68 – 70% và vật liệu mang PE tại tải trọng 4 – 10 g/L.ngày dao động từ 65 – 73%.

Tuy nhiên, kết quả này thấp hơn so với kết quả của F. Jalali và nnk, 2023 [10], trong đó hiệu quả loại COD_{ht} đạt khoảng 93%. Điều này có thể do F. Jalali và nnk đã sử dụng màng composit polyvinylidene fluorid kích thước nano nên việc tạo màng vi sinh hiệu quả hơn. Hiệu suất loại bỏ COD_t của hệ MBBR yếm khí qui mô phòng thí nghiệm (12L/ngày) khi sử dụng nước thải tự pha cũng đạt

cao hơn nghiên cứu này, dao động từ 70 đến 90%. Có thể giải thích với mẫu nước thải thực tế sẽ chứa nhiều thành phần, phức tạp hơn và không loại trừ

sự có mặt của một số loại kháng sinh, thuốc sử dụng trong chăn nuôi nên sẽ gây ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng và tạo màng vi sinh.



Hình 2. Hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ theo COD_t và COD_{ht} ở các đợt lấy mẫu tương ứng với 3 tải trọng hữu cơ đầu vào

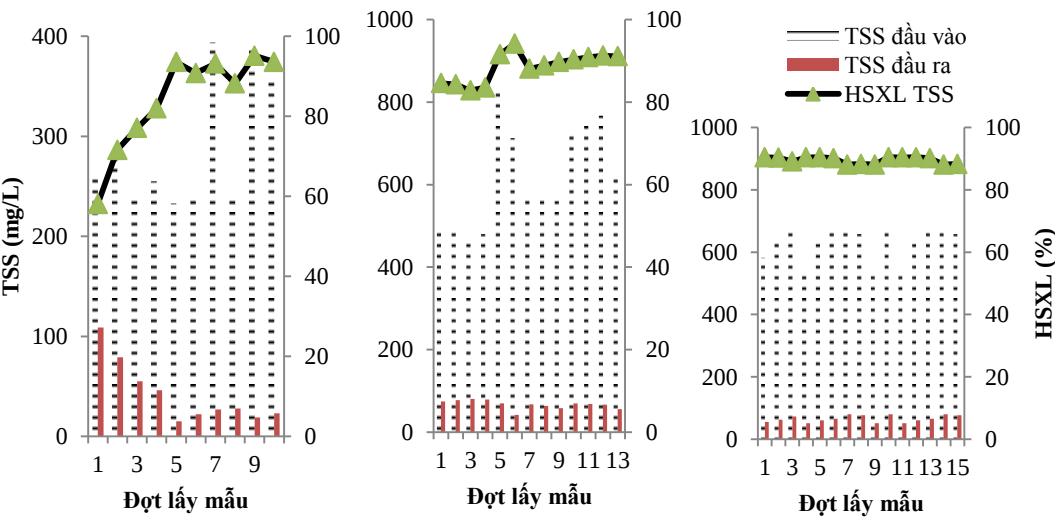
3.3. Biến thiên giá trị TSS

Hiệu quả loại bỏ thành phần TSS ở 3 tải trọng được chỉ ra trong hình 3.

Diễn biến và hiệu quả xử lý của TSS ở tải trọng 2,0 gCOD/L.ngày qua 10 đợt đầu giảm từ khoảng 233 – 394 mg/L xuống khoảng 15 – 109 mg/L, đạt hiệu quả 58 đến 93%. Với tải trọng 4,0 và 6,0

gCOD/L.ngày, hiệu suất loại TSS đạt khá cao và dao động ít hơn, trong khoảng 81–94%.

Hiệu quả loại TSS đạt cao hơn so với nghiên cứu của Nguyễn Trường Quân và nnk (2020) với hệ MBBR sử dụng vật liệu mang PU và PE cho hiệu quả xử lý TSS ở tải trọng 4 – 6 gCOD/L.ngày chỉ đạt tương ứng 55 – 65,5% và 63,2 – 67% [8].

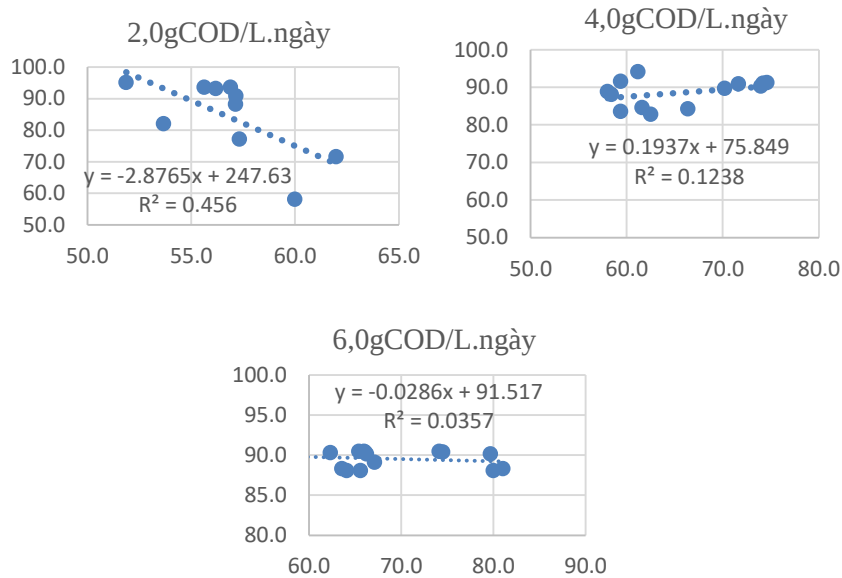


Hình 3. Hiệu quả xử lý TSS (VLM PE, pH 6-8 và $Q = 24$ L/ngày)

Kết quả đánh giá tương quan giữa hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ và hiệu quả loại TSS của hệ MBBR yếm khí được chỉ ra ở hình 4.

Hình 4 cho thấy mức độ tương quan giữa % phân hủy thành phần hữu cơ (theo COD_t) và loại bỏ TSS giảm đáng kể khi tăng tải trọng hữu cơ đầu vào từ

2,0 lên 6,0g/L.ngày, hệ số tương quan giảm từ 0,456 xuống còn 0,124 và 0,036. Có thể thấy hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ (COD_t) và loại TSS là ít và không tương quan. Điều này là khá phù hợp vì thực tế tỉ lệ COD dạng hòa tan trong mẫu nước thải là khá cao (khoảng 50%).

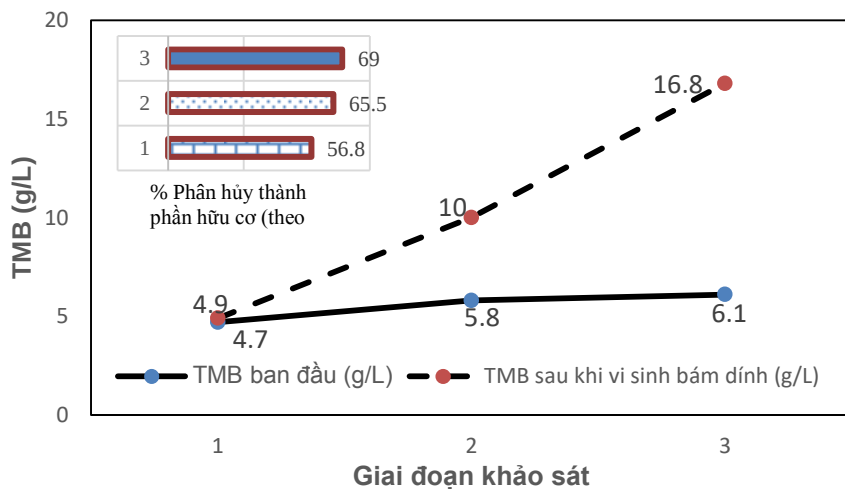


Hình 4. Tương quan về % phân hủy thành phần hữu cơ (theo COD_t) và % loại bỏ TSS

3.4. Đánh giá mật độ bùn vi sinh (MLSS và vi sinh bám dính) trong cột phản ứng

Để đánh giá mật độ bùn vi sinh trong cột phản ứng ở 3 chế độ ứng với tải trọng 2,0; 4,0 và 6,0

gCOD/L.ngày, nghiên cứu tiến hành đánh giá khối lượng bùn vi sinh trong cột phản ứng và khối lượng bùn vi sinh bám dính trên vật liệu mang tương ứng với hiệu suất phân hủy thành phần hữu cơ theo COD_t (xem hình 5).



Hình 5. Giá trị mật độ bùn vi sinh ở các chế độ tải trọng hữu cơ khảo sát và hiệu suất phân hủy thành phần hữu cơ theo COD_t

(Giá trị TMB bao gồm tổng lượng bùn vi sinh lơ lửng và và vi sinh bám dính)

Giá trị TMB sau khi kết thúc chế độ 1 (2,0 gCOD/L.ngày) tăng không đáng kể. Tuy nhiên, ở 4,0 và 6,0 gCOD/L.ngày mật độ vi sinh trong hệ cao hơn đáng kể so với mật độ bùn vi sinh ban đầu, tương ứng đạt 10 và 16,8 g/L. Trong đó chủ yếu là vi sinh bám dính chiếm khoảng 90-92,5%. Kết quả thu được cũng phù hợp với nghiên cứu xử lý nước thải nuôi lợn bằng hệ phản ứng theo mẻ liên tục giá thể chuyển động (moving – bed SBR) của Sombatsompop và nnk (2011) sử dụng vật liệu mang polyvinylchlorid (PVC) có diện tích bề mặt riêng là 400 m²/m³ và tỷ lệ lấp đầy cột là 20% với mật độ vi sinh tăng khi tăng tải trọng hữu cơ từ 0,59 lên 2,36 kgCOD/m³.ngày [11].

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ trong nước thải chăn nuôi thực tế của hệ phản ứng màng vi sinh chuyển động yếm khí qui mô phòng thí nghiệm. Hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ trong điều kiện tối ưu nghiên cứu đạt cao nhất khoảng 80 và 60 % tương ứng với COD_t và COD_{ht}. Hiệu quả loại TSS khá cao đạt 84-90%. Tuy nhiên, sự tương quan giữa hiệu quả phân hủy thành phần hữu cơ và hiệu quả loại TSS không rõ rệt, đặc biệt ở tải trọng 4,0 và 6,0 gCOD/L.ngày. Đồng thời ở 2 tải trọng cao này, mật độ vi sinh trong hệ phản ứng tăng đáng kể và phần lớn là vi sinh bám dính chiếm khoảng 90-92,5%.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin trân trọng cảm ơn đề tài “Nghiên cứu xác định các thông số động học trong mô phỏng để thiết kế hệ thống xử lý yếm khí nước thải chăn nuôi lợn” mã số QG.22.07 đã hỗ trợ về trang thiết bị và điều kiện để thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Ankit B. P., Rushikesh D. J., Chaitanya K. S., Hitesh H. M., (2017). The Moving bed biofilm reactor (MBBR). *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, **4(3)**, 63-66.

[2] Borkar R.P., Gulhane M.L, and Kotangale A.J, (2013). Moving bed biofilm reactor - A New perspective in wastewater treatment. *Journal of*

Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), **6(6)**, 15-21.

[3] Daniel V. M. de O., Marcio D. R., Yuri N. N., (2014). Evaluation of a MBBR (moving bed biofilm reactor) pilot plant for treatment of pulp and paper mill wastewater. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, **2(4)**, 220-225.

[4] Gulhane M. L, Kotangale A. J, (2013). Moving bed biofilm reactor. *New Innovation in the Field of Conventional Biological Wastewater Treatment*, **2(12)**, 167-170.

[5] Ngo V. A., Vuong T. H, Le V. C., Nguyen. T.H, Mitsuharu, Yasui. H, (2014). High-rate moving-bed anaerobic digestion for the waste activated sludge treatment. *Journal of Water and Environment Technology*, **12(6)**, 501-509.

[6] Ngo, H. H., Song, Z., Zhang, X., Guo, W., Sun, F., & Bui, X. T, (2022). Moving bed biofilm reactor for wastewater treatment. *In Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier, 119-153.

[7] Thi Ha Nguyen, Manh Khai Nguyen, Thi Hoang Oanh Le, Thanh Tu Bui, Trong Hieu Nguyen, Truong Quan Nguyen, Anh Van Ngo, (2021). Kinetics of organic biodegradation and biogas production in the pilot-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) for piggery wastewater treatment. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, **6**, 1–9.

[8] Truong Quan Nguyen, Van Anh Ngo, Thi Hoang Oanh Le, Huu Huan Nguyen, Van Chieu Le, Hidenari Yasui, Thi Ha Nguyen, (2020). Removal of organic matters from piggery wastewater in anaerobic moving bed biofilm reactor (MBBR). *Vietnam J. Sci. Technol.*, **58(3A)**, 211–221.

[9] Đỗ Quang Trung, Đoàn Văn Hương, Bùi Duy Cam, Nguyễn Thị Nhâm, Nguyễn Quang Minh, Chu Xuân Quang, (2019). Nghiên cứu quá trình phân hủy kỵ khí chất thải chăn nuôi lợn và rác hữu cơ trong sinh hoạt nông thôn để sinh khí metan và phân hữu cơ. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **61(1)**, 16-20.

[10] Jalali F., Zinatizadeh A.A., Asadi A., Zinadini S., (2023). A moving bed biofilm reactor co upled with an upgraded nanocomposite polyvinylidene fluoride membrane to treat an industrial estate wastewater. *Chemical Engineering Journal*, **470**, 144128.

[11] Sombatsompop K., Anusak S., Sillapa R. and Prapatpong I., (2011). A comparative study of sequencing batch reactor and moving bed sequencing batch reactor for piggery wastewater treatment. *Maejo Int. J. Sci. Technol.*, **5(2)**, 191-203.