

NGHIÊN CỨU CẤP KHÍ BẰNG ỐNG VENTURI VÀO BỂ Bùn HOẠT TÍNH THEO MẸ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT

Phan Xuân Lợi¹, Nguyễn Trường Thành², Kim Lavane^{2,*}

¹ Học viên cao học, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

*Email: klavane@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng cung cấp oxy của ống venturi kết hợp bộ trộn cho các vi sinh vật (VSV) trong quá trình xử lý sinh học hiếu khí dạng sinh trưởng lơ lửng để loại bỏ TSS, chất hữu cơ và dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt. Mô hình thí nghiệm gồm 2 bể sử dụng thùng phuy nhựa HDPE có thể tích làm việc là 60 L và được vận hành theo mẻ với thời gian lưu nước là 5,5 giờ. Thí nghiệm được tiến hành song song với 2 dạng cấp khí gồm: Ống venturi kết hợp với bộ trộn và sục khí qua thanh sỏi bọt vào mỗi bể. Thí nghiệm đầu được tiến hành để đánh giá hiệu quả hoà tan oxy vào trong nước. Sau đó, hai kiểu cấp khí được áp dụng để cung cấp oxy cho hai mô hình bể bùn hoạt tính đã được nuôi cấy VSV ổn định. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hiệu suất xử lý TSS, chất hữu cơ và chất dinh dưỡng của 2 mô hình tương đương nhau. Hiệu suất loại bỏ COD và BOD₅ đạt khoảng 80% và NH₄⁺ đạt khoảng 90%. Mô hình cấp vi bóng khí bằng ống venturi kết hợp bộ trộn có hiệu suất loại bỏ TSS thấp hơn kiểu sục khí truyền thống. Nhìn chung, nồng độ trung bình của TSS, COD, BOD₅, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, PO₄³⁻ trong nước thải sau xử lý lần lượt là 26,7 ± 4,2 mg/L và 18,3 ± 5,8 mg/L, 36,7 ± 15,5 mg/L và 34,3 ± 11,5 mg/L, 24,0 ± 6,5 mg/L và 21,1 ± 5,1 mg/L, 1,4 ± 0,11 mg/L và 1,26 ± 0,05 mg/L, 6,26 ± 0,74 mg/L và 6,07 ± 1,44 mg/L, 2,9 ± 0,3 mg/L 3,0 ± 0,37 mg/L đều đạt quy chuẩn xả thải loại A theo QCVN 14:2008/BTNMT. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, ống venturi kết hợp với bộ trộn để cấp oxy vào hệ thống bùn hoạt tính xử lý nước thải.

Từ khóa: Bùn hoạt tính, hiệu suất xử lý, nước thải sinh hoạt, ống venturi, vi bóng khí.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình bùn hoạt tính là phương pháp xử lý sinh học hiếu khí được áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp ở các nước phát triển và đang phát triển. Các bể bùn hoạt tính thường được áp dụng trong các hệ thống xử lý nước thải để loại bỏ các chất hữu cơ và dinh dưỡng vì mang lại hiệu suất cao và thân thiện với môi trường. Do VSV hiếu khí là nhân tố chính để chuyển hóa và loại bỏ chất ô nhiễm trong quá trình bùn hoạt tính, nên vấn đề cung cấp đầy đủ oxy và các chất dinh dưỡng cần phải được đảm bảo. Những yếu tố này sẽ ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự sinh trưởng và phát triển của VSV và do đó sẽ ảnh hưởng đến hiệu suất loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải. Nhiều nghiên cứu cho thấy, oxy sẽ là yếu tố giới hạn cho VSV

thực hiện quá trình hô hấp hiếu khí nếu trong nước thải có đầy đủ chất hữu cơ và các dưỡng chất [1]. Trong các bể bùn hoạt tính, quá trình sục khí vừa cung cấp oxy cho các VSV trong hệ thống vừa tạo sự khuấy trộn hỗn dịch trong bể để duy trì trạng thái lơ lửng của các VSV [2].

Oxy đóng một vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất của các sinh vật hiếu khí. Nhiều phương pháp cung cấp oxy khác nhau đã được áp dụng rộng rãi như: Khuấy trộn cơ học, thổi khí, hoặc nén khí qua các đĩa phân phối. Thông thường, các thiết bị khuấy trộn cơ học có chi phí bảo trì cơ khí và tiêu thụ năng lượng cao nên có chi phí vận hành lớn và không hiệu quả kinh tế [3]. Theo Gu và cs (2023) [4], Levitsky và cs (2022) [5], năng lượng tiêu thụ để cấp khí vào công đoạn xử lý cấp 2 bằng bể sinh học đối với

nước thải công rãnh sử dụng các phương pháp thổi khí nén qua đĩa phân phối khí truyền thống chiếm khoảng trên 50% năng lượng tiêu thụ toàn hệ thống xử lý.

Vi bóng khí (microbubble) gần đây thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực xử lý môi trường [6]. Vi bóng khí có đặc điểm bề mặt riêng lớn và khuếch tán trong nước nên tăng cường hiệu quả truyền khối của oxy vào trong nước. Theo Nguyễn Hữu Nghĩa và cs (2022) [7], vi bóng khí cho thấy độ nổi thấp so với các bóng khí lớn nên oxy hoà tan vào trong nước hiệu quả hơn. Các vùng thiếu oxy ở đáy hồ được duy trì oxy hòa tan ở nồng độ lớn hơn 6 mg/L trong khí cấp vi bóng khí [8]. Xiao và cs (2021) [1] kết luận rằng, sử dụng siêu vi bóng khí (nanobubbles) cung cấp oxy vào hệ thống bùn hoạt tính đã tác động đến cấu trúc phân bố VSV và tích cực nâng cao hiệu quả xử lý chất hữu cơ và dinh dưỡng.

Phương pháp thủy động lực học được cho là tạo được vi bóng khí đã được nghiên cứu và phát triển trong thời gian qua gồm: Thiết bị tạo dòng xoáy xoắn ốc, thiết bị phun tia, bộ giảm áp, ống venturi, vòi phun, hoặc loại màng xốp lỗ rỗng siêu nhỏ [2, 9 - 11]. Trong đó, dạng ống venturi được sử dụng trong nhiều nghiên cứu để tạo vi bóng khí [12 - 14].

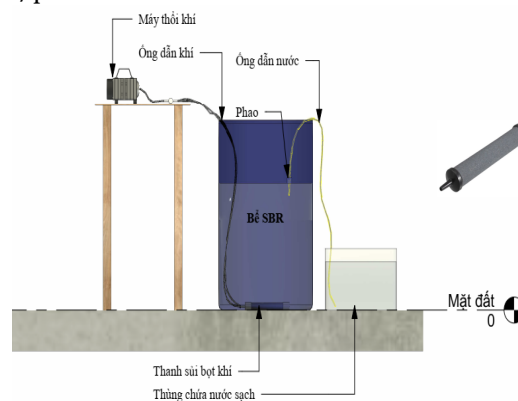
Ống venturi được biết đến nhiều trong thủy lực để khảo sát việc giảm áp suất khi nước đi qua đoạn thắt. Sự giảm áp suất sẽ tạo lực hút không khí từ bên ngoài vào. Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng ống venturi và ống trộn dạng xoắn ốc tạo vi bóng khí cấp vào bùn hoạt tính để xử lý nước thải sinh hoạt. Kết quả của nghiên cứu sẽ góp phần làm cơ sở khoa học về khả năng áp dụng vi bóng khí vào quá trình xử lý sinh học hiếu khí trong lĩnh vực xử lý nước thải.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và mô hình thí nghiệm

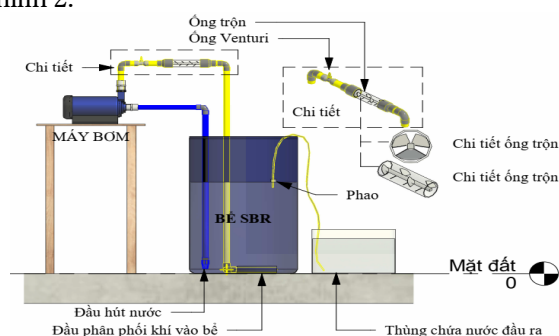
Mô hình nghiên cứu được chế tạo dựa theo nghiên cứu của Aan và cs (2015) [15], Terasaka và cs (2011) [13], Agarwal và cs (2011) [16]. Bể SBR (SBR: Sequencing batch bioreactor) có tổng thể tích 90 L (đường kính $\times$ cao = 45 cm $\times$ 93 cm) được làm bằng thùng phuy nhựa HPDE, trong đó thể tích làm việc 60 L (Hình 1). Hệ thống cung cấp oxy đối với mỗi mô hình bể SBR hoạt động độc

lập. Mô hình đối chứng được cấp khí bằng thanh sủi bọt khí sử dụng máy thổi khí mini có công suất 4,5 L/phút.



Hình 1. Sơ đồ mô hình thí nghiệm cấp khí bằng thanh sủi bọt

Vi bóng khí được tạo ra bằng cách sử dụng bộ venturi kết hợp bộ trộn kiểu cánh xoắn được điều chỉnh dựa theo các nghiên cứu trước đây [12, 14, 17]. Các bộ phận chính của mô hình gồm: Máy bơm, ống venturi, bộ trộn cánh xoắn. Máy bơm nước thải và lượng khí hút vào hệ thống được kiểm soát bằng van kim tương ứng với lưu lượng nước 6 L/phút và lưu lượng khí 4,5 L/phút. Bộ trộn cánh xoắn được thiết kế bằng đoạn ống PVC $\Phi 27$ và cố định cánh xoắn bằng lá nhôm bên trong. Sơ đồ mô hình thí nghiệm và ống venturi được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Sơ đồ quy trình mô hình thí nghiệm sử dụng ống venturi kết hợp bộ trộn

2.2. Khảo nghiệm khả năng cung cấp oxy hoà tan

Oxy hoà tan là thông số quan trọng để đánh giá hiệu quả của quá trình khuếch tán oxy vào trong nước. Nghiên cứu trước đây sử dụng thông số DO để đánh giá hiệu quả hoà tan oxy vào trong nước khi nghiên cứu về vi bóng khí [18, 19]. Trong nghiên cứu này, DO cũng được sử dụng làm thông

số chỉ hiệu quả của quá trình trong mỗi hệ thống thí nghiệm sử dụng nước kênh tiếp nhận nước thải sinh hoạt có $DO < 1,0$ mg/L. Hai mô hình được vận hành trong 3 ngày liên tục với cùng loại nước kênh nạp vào. Thời gian thổi cấp khí diễn ra liên tục trong 4 giờ. Oxy hoà tan trong bể được đo tại 5 vị trí ở các độ sâu: 5 cm, 30 cm, 60 cm so với mặt nước trong bể.

2.3. Nuôi cấy VSV

Hệ VSV trong bể bùn hoạt tính được cấy vào bằng cách sử dụng bùn sinh học hiếu khí được thu tại bể xử lý sinh học hiếu khí của Nhà máy xử lý nước thải tập trung, Khu công nghiệp Bình Minh. Để cho hệ VSV nhanh ổn định, nước thải sinh hoạt có nồng độ BOD_5 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} lần lượt là $119 \pm 4,2$ mg/L, $12,3 \pm 0,65$ mg/L, $0,56 \pm 0,1$ mg/L, $2,23 \pm 0,23$ mg/L, được bổ sung vào bể nuôi cấy sau mỗi 5 giờ thổi khí liên tục. Mỗi mô hình nghiên cứu tiến hành chạy khởi động 2 tuần nhằm ổn định hệ VSV trong bể. Trong thời gian khởi động mô hình, nồng độ MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid) trong bể được duy trì trong khoảng 4.500 – 5.000 mg/L, chỉ số SV30 là 350 mg/L, chỉ số SVI là 75 mg/L.

2.4. Thí nghiệm xử lý nước thải sinh hoạt

Bảng 1. Chất lượng nước thải sinh hoạt đầu vào và giới hạn cho phép

Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả		QCVN 14:2008/ BTNMT (cột A) [20]
		Trung bình	Độ lệch chuẩn	
pH	-	7,25	0,05	6 - 9
BOD_5	mg/L	115,7	11,1	30
COD	mg/L	221	24,4	75
TSS	mg/L	73,3	7,6	50
NH_4^+	mg/L	12,7	2,4	5
NO_3^-	mg/L	0,1	0,06	30
PO_4^{3-}	mg/L	4,11	0,78	6

Sau khi VSV thích nghi, nước thải sinh hoạt được nạp vào mô hình và tiến hành vận hành định hướng thời gian lưu nước trong bể và đánh giá sự ổn định hệ VSV trong chuyển hoá chất ô nhiễm

bằng cách quan trắc thông số pH, DO, COD, TSS trong nước thải sau xử lý.

Để so sánh hiệu suất xử lý của 2 mô hình, chúng được vận hành song song nhau với cùng điều kiện nước thải đầu vào. Tính chất nước thải đầu vào được trình bày trong bảng 1.

Điều kiện và các thông số vận hành của hai mô hình được duy trì tương đương nhau. Trong đó, tổng thời gian lưu nước trong mỗi mẻ vận hành là 5,5 giờ, gồm 4 giờ sục khí, 1 giờ lắng và 0,5 giờ xả nước sau xử lý theo khuyến nghị của Tchobanoglous và cs (2003) [21] và kết quả thí nghiệm định hướng. Bảng 2 thể hiện thời gian nạp nước, cấp khí, lắng và xả nước. Mẫu nước thải sau xử lý được thu thập bằng ống dẫn nước thải đầu ra vào bể thùng chứa. Thí nghiệm được chia thành 5 mẻ để đánh giá hiệu suất loại bỏ xử lý TSS, BOD_5 , COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} trong nước thải của hai mô hình.

2.5. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

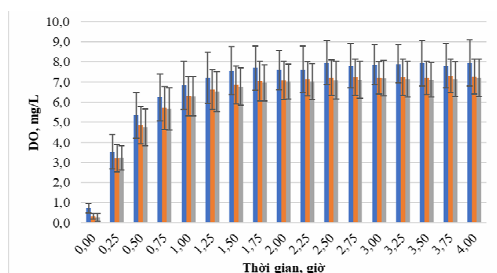
Các chỉ tiêu ô nhiễm được đo đạc và phân tích tại Phòng thí nghiệm Hoá kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ. Phương pháp phân tích các thông số ô nhiễm được thực hiện dựa theo quy chuẩn hiện hành. Cụ thể, các giá trị pH, nhiệt độ, DO được đo bằng thiết bị đo cầm tay TOA MM41DP và TOA DO31P. Chỉ tiêu BOD_5 đo bằng phương pháp Winkler cải tiến [22]. Nồng độ COD được xác định bằng phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín [22]. Hàm lượng TN, TP được xác định bằng phương pháp SMEWW 4500-N và 4500-P [22]. Chỉ tiêu TSS được xác định theo phương pháp khối lượng theo TCVN 6625:2000 [23] (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45 μ m rồi sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khả năng cung cấp DO

Oxy hoà tan là một trong các thông số vận hành quan trọng của các hệ thống xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học hiếu khí. Hình 3 thể hiện nồng độ DO ở các độ sâu và vị trí khác nhau trong bể chứa nước thải được cấp khí bằng ống venturi kết hợp bộ trộn. Nồng độ DO tăng lên theo thời gian cấp khí và đạt giá trị ổn định sau khoảng 1,5 giờ. Kết quả thí nghiệm cho thấy, tại vị trí

trung tâm, nồng độ DO tại lớp nước bề mặt có giá trị cao hơn so với 2 lớp nước sâu hơn được khảo sát. Xu hướng nổi lên của bong bóng khí có thể làm hạn chế sự hoà tan oxy trong lớp nước sâu so với lớp nước bề mặt. Tuy nhiên, nồng độ DO đo được ở đáy bể đạt giá trị trung bình khoảng 7,0 mg/L. Kết quả này cho thấy, ống venturi có thể đã tạo ra các vi bong bóng khuếch tán trong lớp nước gần đáy bể. Theo Wu và cs (2022) [14], sử dụng ống venturi thì DO đạt được 3,75 mg/L sau 1 giờ. Nghiên cứu khác cho thấy, hệ số truyền khối của oxy vào trong nước khi sử dụng ống venturi và ống trộn thủy lực để tạo vi bong bóng là từ tương đương cho đến cao hơn so với các dạng cấp khí truyền thống bằng đĩa tạo bọt khí. Trong một hệ thống có dòng chảy liên tục sử dụng ống venturi để cấp khí thì hệ thống chỉ có thể duy trì tối đa khoảng 2,4 mg/L [11]. Do đó, kết quả thí nghiệm này cho thấy sự kết hợp của ống venturi và bộ trộn đã mang lại hiệu quả hoà tan oxy vào trong nước thải rất tốt.

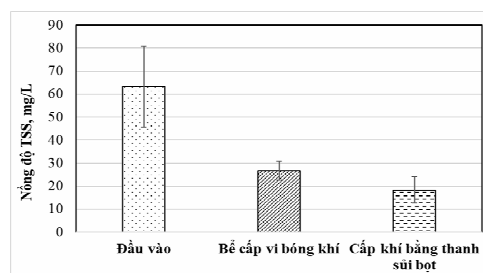


Hình 3. Oxy hoà tan ở các độ sâu khác nhau trong bể tại vị trí trung tâm

3.2. Ảnh hưởng bong bóng mịn đến xử lý TSS

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khả năng xử lý TSS của bể SBR sục khí bằng thanh sủi bọt và hệ thống ống venturi đều đạt loại A theo QCVN 14:2008/BTNMT [20]. Nồng độ TSS trong nước thải đầu ra của bể sục khí bằng ống venturi là $26,7 \pm 4,1$ mg/L, trong khi nước thải sau xử lý bằng bể sục khí bằng thanh sủi bọt có nồng độ TSS là $18,3 \pm 5,8$ mg/L (Hình 4). Hiệu suất xử lý tương ứng của các mô hình là 58% và 71%. Khi sục khí bằng ống venturi thì bể SBR có hiệu suất xử lý TSS thấp hơn so với thanh sủi bọt. Kết quả này cho thấy, hệ thống ống venturi có tác động đến tính chất bùn. Bùn hoạt tính sau khi được bơm tuần hoàn đi qua hệ

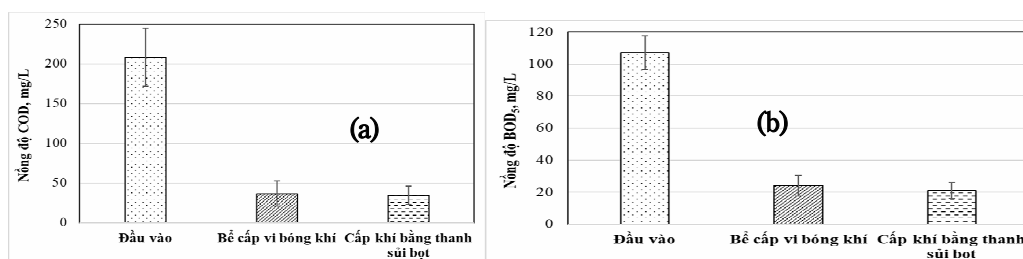
thống ống venturi bị xáo trộn mạnh và tạo thành hạt bùn có kích thước nhỏ nên làm giảm hiệu quả lắng. Bên cạnh đó, bong bóng mịn được tạo ra từ hệ thống ống venturi có tính chất trôi nên kết hợp lại làm giảm hiệu quả lắng. Nghiên cứu trước đây cho thấy, sục bong bóng mịn dẫn đến giảm khả năng lắng của bùn hoạt tính so với sục khí truyền thống [24, 25]. Các bong bóng mịn có tính chất trôi nổi và tồn tại tương đối dài dễ dàng kết hợp với các hạt bùn có thể khiến khả năng lắng của bùn kém [1].



Hình 4. Nồng độ trước và sau xử lý và hiệu suất loại bỏ TSS

3.3. Loại bỏ chất hữu cơ trong nước thải

Nước thải sinh hoạt đầu vào sử dụng trong nghiên cứu có nồng độ BOD_5 107 ± 11 mg/L và COD 208 ± 37 mg/L. Nước thải này có tỷ lệ BOD_5/COD lớn hơn 0,5 nên nước thải phù hợp với điều kiện xử lý bằng phương pháp sinh học. Hình 5A và 5B thể hiện kết quả xử lý COD của hai mô hình. Nồng độ trung bình COD sau xử lý của mô hình được cấp khí bằng ống venturi và sục khí qua thanh sủi bọt là $36,7 \pm 15,5$ mg/L và $34,3 \pm 11,5$ mg/L. Hiệu suất loại bỏ COD trung bình của hai mô hình là 82,4% và 83,5%. Nhìn chung, hiệu suất xử lý COD của hai hệ thống khác biệt không có ý nghĩa ở độ tin cậy 5% ($\alpha = 0,51 > 0,05$). Hiệu suất xử lý này cũng tương đương với kết quả nghiên cứu của Lim và cs (2020) [11] là 82%. Kết quả này cho thấy, kiểu cấp khí bằng ống venturi kết hợp với bộ trộn có thể mang lại hiệu quả cung cấp oxy cho VSV. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu khác, hiệu suất loại bỏ tổng các-bon hữu cơ có thể đạt đến 89% trong hệ thống xử lý sinh học được cấp vi bong bóng [13] và hệ thống cấp vi bong bóng có hiệu suất cao hơn trên 3%. Từ kết quả nghiên cứu này cho thấy, hệ thống venturi có thể cung cấp khí phù hợp cho hệ thống xử lý sinh học hiếu khí để xử lý nước thải sinh hoạt.



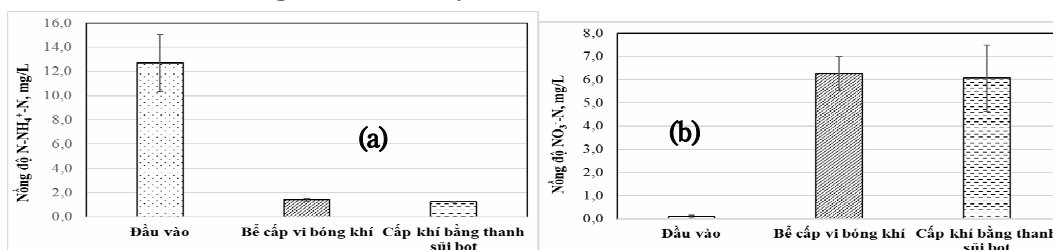
Hình 5. Nồng độ chất hữu cơ trong nước thải trước và sau xử lý: a) COD; b) BOD₅

Tương tự như COD, BOD₅ được loại bỏ một cách hiệu quả bởi cả hai mô hình, nồng độ BOD₅ trong nước thải sau xử lý đạt ngưỡng của QCVN 14:2008/BTNMT cột A (30 mg/L) [20]. Cụ thể, BOD₅ trong nước thải đầu ra của mô hình cấp vi bóng khí là $24 \pm 6,5$ mg/L và mô hình cấp khí thông qua thanh sủi bọt là $21 \pm 9,1$ mg/L. Hiệu suất xử lý BOD₅ trung bình của hai mô hình lần lượt là 77,6% và 80,4%. Hiệu suất xử lý trung bình của hai mô hình cho thấy, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($\alpha = > 0,05$). Kết quả nghiên cứu này cho thấy, nồng độ oxy hoà tan được cung cấp vào mô hình thí nghiệm thông qua ống venturi đáp ứng được cho các VSV sử dụng để thực hiện chuyển hoá chất hữu cơ trong nước thải. Oxy hoà

tan tăng nhanh trong 2 giờ sục khí ban đầu và duy trì nồng độ ổn định trên 3,5 mg/L theo thời gian nhằm đáp ứng nhu cầu oxy của các VSV dị dưỡng hiếu khí trong bể bùn hoạt tính [9].

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu suất xử lý các chất hữu cơ bởi các VSV ổn định. Kết quả này chứng tỏ rằng, oxy được cung cấp thông qua bộ venturi đáp ứng được nhu cầu oxy của các VSV để chuyển hóa các chất hữu cơ trong nước thải. Nghiên cứu của Yaparlatne và cs (2022) [24] nhận định rằng, sự hoà tan hiệu quả của oxy vào trong nước từ các hệ thống cấp vi bóng khí trong bể bùn hoạt tính mang lại hiệu suất loại bỏ chất hữu cơ cao.

3.4. Xử lý các chất dinh dưỡng



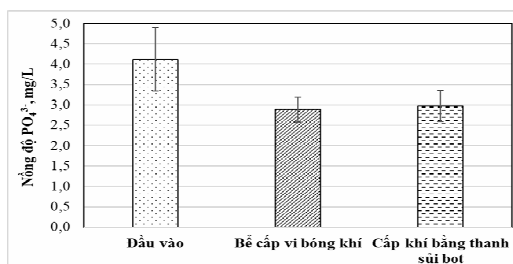
Hình 6. Nồng độ đầu vào và đầu ra của (a) NH₄⁺ và (b) NO₃⁻

Hiệu suất xử lý nitơ (NH₄⁺ -N và NO₃⁻ -N) của hệ thống mô hình đạt hiệu quả ổn định. Hình 6a và 6b thể hiện nồng độ NH₄⁺ -N và NO₃⁻ -N trong nước thải đầu vào và nước thải sau xử lý. Nước thải đầu vào có nồng độ NH₄⁺ -N là $12,7 \pm 2,3$ mg/L và nước thải sau xử lý bởi mô hình cấp vi bóng khí và sục khí qua thanh sủi bọt có nồng độ NH₄⁺ -N là 1,3 mg/L và 1,26 mg/L, tương ứng với hiệu suất loại bỏ lần lượt là 89,7% và 90%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình nitrat hoá diễn ra một cách hiệu quả trong 2 mô hình. Hệ thống cấp vi bóng khí cũng có thể mang lại quá trình chuyển hoá NH₄⁺ thành NO₃⁻ tương tự như hệ thống được cấp khí bằng thanh sủi bọt. Quá trình nitrat hoá diễn ra

trong hệ thống làm tăng nồng độ nitrat trong nước thải sau xử lý, kết quả này tương tự với kết quả nghiên cứu của Yao và cs (2021) [26]. So với kết quả nghiên cứu của Lim và cs (2020) [11], với hiệu suất xử lý NH₄⁺ -N 81%, thì hệ thống mô hình của nghiên cứu này mang lại hiệu suất xử lý NH₄⁺ -N tương đối cao và không có sự khác biệt giữa mô hình cấp vi bóng khí và mô hình cấp khí kiểu truyền thống (89,7% và 90%). Tuy nhiên, nghiên cứu của Yao và cs (2021) [26] cho thấy, hiệu quả xử lý NH₄⁺ trong hệ thống bùn hoạt tính cấp vi bóng khí cao hơn so với hệ thống cấp khí kiểu truyền thống và đạt đến 96%. Ở nghiên cứu khác cho thấy, hiệu quả xử lý dinh dưỡng có thể nâng

cao hiệu quả xử lý khoảng 10,6% so với hệ thống cấp khí truyền thống như đĩa sục khí hay thiết bị khuấy trộn [1].

Nồng độ PO_4^{3-} trong nước thải đầu vào và nước thải sau xử lý của 2 mô hình trong nghiên cứu được thể hiện trong hình 7. Nhìn chung, các mô hình có loại bỏ PO_4^{3-} nhưng hiệu suất xử lý không cao (29,8% và 27,7%). Thông thường, phốt pho trong nước thải được vi khuẩn ưa phốt pho được chọn lọc từ điều kiện kỵ khí sẽ hấp thu và tích lũy trong tế bào trong điều kiện hiếu khí và sau đó được loại bỏ qua quá trình lắng [27]. So với NH_4^+-N , hiệu suất loại bỏ PO_4^{3-} thấp hơn rất nhiều. Nguyên nhân, có thể các vi khuẩn ưa phốt pho thiếu đi sự chọn lọc do hệ mô hình nghiên cứu chỉ có 1 bể bùn hoạt tính, dòng khí và nước được cấp liên tục nên không tạo điều kiện phù hợp cho chúng. Tuy nhiên, nghiên cứu của Liu và cs (2023) [2] cho thấy, hiệu suất xử lý tổng phốt pho (TP) có thể duy trì hiệu quả xử lý tương đối cao (89%) khi cấp khí vi bóng khí trong mô hình bể bùn hoạt tính dạng hạt hoạt động theo mẻ.



Hình 7. Nồng độ đầu vào và đầu ra của PO_4^{3-}

4. KẾT LUẬN

Oxy được cung cấp bởi ống venturi kết hợp với ống trộn đạt hiệu quả tương đương với kiểu sục khí bằng thanh sủi bọt. Nồng độ DO đạt được trong mô hình xử lý đã đáp ứng nhu cầu oxy của VSV để thực hiện quá trình loại bỏ các chỉ tiêu ô nhiễm trong nước thải. Hiệu suất loại bỏ TSS, chất hữu cơ và dinh dưỡng của mô hình được cấp khí bởi ống venturi kết hợp với ống trộn không khác biệt với sục khí bằng thanh sủi bọt. Hệ thống vận hành ổn định trong khoảng thời gian nghiên cứu và chất lượng nước thải sau xử lý đáp ứng yêu cầu Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN 14:2008/BTNMT.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ống venturi kết hợp với ống trộn áp dụng được trong mô hình bể bùn hoạt tính xử lý nước thải sinh hoạt. Nghiên cứu tiếp theo cần triển khai ở quy mô lớn hơn hoặc trên bể bùn hoạt tính của hệ thống thực tế để đánh giá thêm về hiệu quả năng lượng cũng như các yếu tố kỹ thuật khác.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi nguồn kinh phí nghiên cứu khoa học cấp cơ sở của Trường Đại học Cần Thơ (Mã số đề tài: T2023-41).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Xiao, W., Xu, G. and Li, G. (2021). Effect of nanobubble application on performance and structural characteristics of microbial aggregates. *Science of the total environment*, 65: 142725.
2. Liu, M., Wang, J. and Peng, Z. (2023). Effects of micro-bubble aeration on the pollutant removal and energy-efficient process in a floc-granule sludge coexistence system. *Water Science & Technology*, 88(11): 3044 - 3055.
3. El-Zahaby, A. M. and El-Gendy, A. S. (2016). Passive aeration of wastewater treated by an anaerobic process - A design approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4, Part A): 4565 - 4573.
4. Gu, Y., Li, Y., Yuan, F. and Yang, Q. (2023). Optimization and control strategies of aeration in WWTPs: A review. *Journal of Cleaner Production*, 418: 138008.
5. Levitsky, I., Tavor, D. and Gitis, V. (2022). Micro and nanobubbles in water and wastewater treatment: A state-of-the-art review. *Journal of Water Process Engineering*, 47: 102688.
6. Movahed, S. M. A. and Sarmah, A. K. (2021). Global trends and characteristics of nano and micro-bubbles research in environmental engineering over the past two decades: A scientometric analysis. *Science of the total environment*, 785: 147362.
7. Nguyễn Hữu Nghĩa, Nguyễn Đức Bình, Phạm Thái Giang, Nguyễn Thị Minh Nguyệt, Nguyễn Thị Nguyễn, Nguyễn Thị Hạnh, Phan Trọng Bình, Vũ Thị Kiều Loan, Phan Trọng Bình (2022). Nghiên cứu chất lượng nước và bệnh trong nuôi tôm thẻ chân trắng (*Penaeus vannamei*) áp

dụng công nghệ Nanobubble. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam*, 64(2): 58 - 64.

8. Zhang, H., Lyu, T., Bi, L., Tempero, G., Hamilton, D. P. and Pan, G. (2018). Combating hypoxia/anoxia at sediment-water interfaces: A preliminary study of oxygen nanobubble modified clay materials. *Science of The Total Environment*, 637 - 638: 550 - 560.

9. Zhou, S., Liu, M., Chen, B., Sun, L. and Lu, H. (2022). Microbubble and nanobubble-aeration for upgrading conventional activated sludge process: A review. *Bioresource Technology*, 362: 127826.

10. Patel, A. K., Singhanian, R. R., Chen, C.-W., Tseng, Y.-S., Kuo, C.-H., Wu, C.-H. and Dong, C. D. (2021). Advances in micro and nano bubbles technology for application in biochemical processes. *Environmental Technology & Innovation*, 23: 101729.

11. Lim, J.-Y., Kim, H.-S., Park, S.-Y. and Kim, J.-H. (2020). Simultaneous nitrification and denitrification by using ejector type microbubble generator in a single reactor. *Environmental Engineering Research*, 25(2): 251 - 257.

12. Yin, J., Li, J., Li, H., Liu, W. and Wang, D. (2015). Experimental study on the bubble generation characteristics for an venturi type bubble generator. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 91: 218 - 224.

13. Terasaka, K., Hirabayashi, A., Nishino, T., Fujioka, S. and Kobayashi, D. (2011). Development of microbubble aerator for waste water treatment using aerobic activated sludge. *Chemical Engineering Science*, 66(14): 3172 - 3179.

14. Wu, M., Yuan, S., Song, H. and Li, X. (2022). Micro-nano bubbles production using a swirling-type venturi bubble generator. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 170: 108697.

15. Aan, D., Wiratni, W., Tontowi, A., Indarto, I. and Iriawan, A. G. (2015). The implementation of a developed microbubble generator on the aerobic wastewater treatment. *International Journal of Technology*, 6: 924 - 930.

16. Agarwal, A., Ng, W. J. and Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and

nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere*, 84(9): 1175 - 1180.

17. Sakamatapan, K., Mesgarpour, M., Mahian, O., Ahn, H. S. and Wongwises, S. (2021). Experimental investigation of the microbubble generation using a venturi-type bubble generator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27: 101238.

18. Eklund, F., Alheshibri, M. and Swenson, J. (2021). Differentiating bulk nanobubbles from nanodroplets and nanoparticles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 53: 101427.

19. Kim, S., Kim, H., Han, M. and Kim, T. (2019). Generation of sub-micron (nano) bubbles and characterization of their fundamental properties. *Environmental Engineering Research*, 24(3): 382 - 388.

20. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 14:2008/BTNMT về nước thải sinh hoạt.

21. Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., Metcalf and Eddy, I. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Boston: McGraw-Hill Publisher, 1189 pages.

22. WEF, A. A. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington DC: 21st Ed. American Public Health Association.

23. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997). Chất lượng nước - Xác định chất rắn lơ lửng bằng cách lọc qua cái lọc sợi thủy tinh.

24. Yaparante, S., Doherty, Z., Luna Magdaleno, A., Matula, E., Macrae, J., Garcia-Segura, S. and Apul, O. (2022). Effect of air nanobubbles on oxygen transfer, oxygen uptake, and diversity of aerobic microbial consortium in activated sludge reactors. *Bioresource Technology*, 351: 127090.

25. Liu, C., Tanaka, H., Ma, J., Zhang, L., Zhang, J. and Matsuzawa, Y. (2012). Effect of microbubble and its generation process on mixed liquor properties of activated sludge using Shirasu porous glass (SPG) membrane system. *Water research*, 46: 6051 - 6058.

26. Yao, G.-J., Ren, J.-Q., Zhou, F., Liu, Y.-D. and Li, W. (2021). Micro-nano aeration is a promising alternative for achieving high-rate partial nitrification. *Science of the total environment*, 795: 148899.

27. Nguyễn Võ Châu Ngân và Lê Hoàng Việt Nxb Đại học Cần Thơ.
(2023). *Giáo trình vi sinh vật kỹ thuật môi trường*.

USING VENTURI TUBE FOR AIR SUPPLY IN SEQUENCING BATCH BIOREACTOR TO TREAT DOMESTIC WASTEWATER

Phan Xuan Loi¹, Nguyen Truong Thanh², Kim Lavane²

¹Master student, College of Environment and Natural Resources, Can Tho University

²College of Environment and Natural Resources, Can Tho University

Summary

The purpose of the study aims to assess the ability of venturi tubes combined with mixers to provide oxygen to microbes in the aerobic biological treatment of suspended growth to remove total suspended solids, organic matters and nutrients in domestic wastewater. The experimental system consists of 2 tanks using HDPE plastic barrels with a working volume of 60 L and are operated in batches with hydraulic retention time of 5.5 hours. The experiment was conducted in parallel with 2 types of air supply including venturi tubes combined with mixers and conventional aeration through a porous tube into each tank. The experiment was firstly conducted to evaluate the efficiency of dissolving oxygen into water. Then, two types of air supply are applied to provide oxygen to the two experimental systems of activated sludge chambers that have been cultured with microorganisms. The experimental results showed that the removal efficiencies of TSS, organic matters and nutrients by the 2 experimental systems was most likely similar. The COD and BOD₅ removal efficiency is about 80% and NH₄⁺-N is about 90%. The venturi tube air supply type combined mixer has a lower TSS removal efficiency than the conventional aeration type. Overall, the average concentrations of TSS, COD, BOD₅, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, PO₄³⁻ in the treated wastewater of both experimental systems were 26.7 ± 4.2 mg/L and 18.3 ± 5.8 mg/L, 36.7 ± 15.5 mg/L and 34.3 ± 11.5 mg/L, 24.0 ± 6.5 mg/L and 21.1 ± 5.1 mg/L, 1.4 ± 0.11 mg/L and 1.26 ± 0.05 mg/L, 6.26 ± 0.74 mg/L and 6.07 ± 1.44 mg/L, 2.9 ± 0.3 mg/L and 3.0 ± 0.37 mg/L respectively and meet the column A of the national technical regulation on domestic wastewater QCVN 14:2008/BTNMT. Ultimately, the research results shown that the venturi tube combines with the mixer is able to supply oxygen sufficiently to microbes in an activated sludge system for domestic wastewater treatment.

Keywords: *Activated sludge, domestic wastewater, microbubble, removal efficiency, venturi tube.*

Ngày nhận bài: 28/10/2024

Ngày chuyển phản biện: 4/11/2024

Ngày thông qua phản biện: 29/11/2024

Ngày duyệt đăng: 20/3/2025