

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI GIẶT ỦI KHI DÙNG $FeCl_3$ TRONG QUÁ TRÌNH KEO TỤ TẠO BÔNG Ở QUY MÔ PHÒNG THÍ NGHIỆM

Võ Minh Tường, Nguyễn Thị Thu Hiền, Đinh Thị Thu Hà*
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh
*Email: ha.dtt@hcmunre.edu.vn
Ngày nhận bài: 01/09/2024; Ngày nhận đăng: 15/10/2024

Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả của phèn sắt ($FeCl_3$) trong xử lý nước thải giặt ủi thông qua quá trình keo tụ-tạo bông. Dưới điều kiện tối ưu (pH 6,5 và liều lượng 80 mg/L), $FeCl_3$ đạt được hiệu suất xử lý cao, loại bỏ 93% TSS, 91,67% độ đục và 89,7% phospho. Sau xử lý, tổng chất hoạt động bề mặt trong nước thải đã đạt mức quy định của cột B theo QCVN 14:2008/BTNMT. Đáng chú ý, tỷ lệ BOD_5/COD tăng từ 0,33 lên 0,46, cho thấy hiệu quả trong việc giảm các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học. Từ nghiên cứu này, hướng tới việc xem xét việc phân loại nước thải giặt ủi thành nước thải công nghiệp theo QCVN 40:2011/BTNMT và áp dụng các tiêu chuẩn xử lý nghiêm ngặt hơn.

Từ khóa: Sắt III Clorua; nước thải giặt ủi, keo tụ-tạo bông, pH tối ưu, lượng tối ưu

Evaluation of laundry wastewater treatment efficiency using coagulant-flocculation method at laboratory scale

Vo Minh Tuong, Nguyen Thi Thu Hien, Dinh Thi Thu Ha*
Hochiminh City University of Natural Resources and Environment
Received: September 01, 2024; Accepted: October 15, 2024

Abstract

This study evaluates the use of ferric chloride ($FeCl_3$) for treating laundry wastewater via Jarrest experiments. Under optimal conditions (pH = 6.5, dosage = 80 mg/L), $FeCl_3$ achieved high removal efficiencies: 93% for TSS, 91.67% for turbidity, and 89.7% for phosphorus. Additionally, the concentration of total surfactants in the treated water met the B standards of QCVN 14:2008/BTNMT, and the BOD_5/COD ratio improved from 0.33 to 0.46, demonstrating the effectiveness of $FeCl_3$ in reducing biodegradable refractory organic matter. From the research findings, laundry wastewater should be classified as industrial (QCVN 40:2011/BTNMT) and treated according to more stringent standards.

Keywords: Ferric chloride; laundry wastewater; Coagulation-Flocculation; optimal pH; optimal dosage

1. Giới thiệu

Nước thải từ quá trình giặt giũ là một trong những nguồn gây ô nhiễm đáng kể trong môi trường đô thị, chứa nhiều chất ô nhiễm như dầu mỡ, hóa chất từ chất tẩy rửa và các chất phụ gia khác. Việc sử dụng một lượng lớn nước trong quá trình này góp phần vào tình trạng tiêu thụ tài nguyên nước quá mức. Ở các đô thị lớn, trung bình mỗi hộ gia đình Việt Nam

tiêu thụ khoảng 80 – 120 lít nước cho hoạt động giặt giũ mỗi ngày, chiếm khoảng gần 10% tổng lượng nước cấp sinh hoạt (MTĐT, 2018). Con số này mới chỉ phản ánh lượng nước sử dụng trong hộ gia đình; khi tính cả các cơ sở kinh doanh cư trú như nhà nghỉ, khách sạn, dịch vụ giặt ủi công cộng lượng nước thải còn lớn hơn nhiều. Hiện nay tại Việt Nam, nước thải giặt giũ trong đô thị vẫn được xem là một thành phần của nước thải sinh hoạt, nước xả từ máy giặt thường được thải trực tiếp vào hệ thống thoát nước đô thị mà không qua bất kỳ quá trình xử lý nào. Tình trạng này có thể gây ra các vấn đề môi trường nghiêm trọng như ô nhiễm nguồn nước và đất.

Phương pháp keo tụ hóa học là một công cụ quan trọng trong xử lý nước thải, đặc biệt hiệu quả với nước thải công nghiệp chứa kim loại nặng, dầu mỡ và các hợp chất hữu cơ khó phân hủy sinh học (Lê và cs., 2017; Ngô và cs., 2018). Bằng cách tạo ra các phản ứng hóa học, quá trình keo tụ giúp kết tủa và loại bỏ các chất ô nhiễm như ion kim loại và hạt rắn không tan có kích thước nhỏ, khó lắng tự nhiên. Các chất như phèn nhôm ($Al_2(SO_4)_3$) và phèn sắt ($FeCl_3$, $FeSO_4$) thường được sử dụng, đôi khi kết hợp với chất trợ keo tụ để tăng kích thước tinh thể và nâng cao hiệu quả lắng đọng (Lâm & Đình, 2023; Kavvalakis và cs., 2016). Quá trình này đạt hiệu quả cao khi các yếu tố như liều lượng chất keo tụ, mật độ hạt keo, pH, thời gian và tốc độ khuấy trộn, nồng độ ion, và nhiệt độ nước được điều chỉnh phù hợp. Tính linh hoạt và khả năng điều chỉnh của phương pháp này làm cho nó trở thành giải pháp tối ưu trong việc xử lý nhiều loại nước thải và điều kiện môi trường khác nhau.

Trong xử lý nước thải giặt ủi, phương pháp keo tụ hóa học cho thấy hiệu quả đáng kể tương tự như trong các ứng dụng công nghiệp. Thật vậy, nước thải giặt ủi chứa nhiều chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, đặc biệt là lượng lớn chất hoạt động bề mặt từ hóa chất tẩy rửa, xà phòng và nước xả vải. Những chất này có thể làm thay đổi sức căng bề mặt của nước, gây tác động tiêu cực đến sinh vật thủy sinh và giảm hiệu quả của các phương pháp xử lý sinh học (Braga & Varesche, 2014). Tuy nhiên, hiện vẫn chưa có nhiều nghiên cứu tập trung vào xử lý nước thải giặt ủi từ các cơ sở lưu trú trong đô thị, mặc dù sự phát triển của ngành du lịch và dịch vụ lưu trú đang làm gia tăng đáng kể lượng nước thải này. Do đó, việc tập trung nghiên cứu và phát triển các giải pháp xử lý hiệu quả và phù hợp với điều kiện thực tế của các cơ sở này, nơi thường gặp hạn chế về công nghệ và nguồn lực, là cần thiết.

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả của phèn sắt ($FeCl_3$) trong việc xử lý nước thải giặt ủi từ một cơ sở kinh doanh lưu trú. Các thí nghiệm Jarrest được thực hiện để xác định các thông số vận hành tối ưu, bao gồm pH và liều lượng chất keo tụ, nhằm giảm thiểu ô nhiễm (COD, BOD₅, TSS, độ màu, độ đục, tổng các chất hoạt động bề mặt, nitrat, phospho) và cải thiện chất lượng nước thải. Nghiên cứu cũng nhấn đến việc xác định các tiêu chuẩn xử lý phù hợp hơn cho loại nước thải này, từ đó đóng góp vào việc xây dựng các quy định và phương pháp xử lý hiệu quả trong thực tiễn.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Các mẫu nước thải được thu thập từ một khách sạn tại quận 12, TP.HCM. Tại khách sạn này, phần lớn khăn trải giường và tất cả khăn tắm đều được giặt tại một xưởng giặt công nghiệp bên ngoài. Tuy nhiên, khách sạn có một phòng giặt nội bộ với máy giặt 10kg và máy

sấy 12kg, được sử dụng để giặt và sấy rèm, gối, chăn, và các loại vải khác không được giặt hàng ngày hoặc cách ngày. Hiện tại, nước thải từ máy giặt nói trên được thải ra cùng với phần nước thải còn lại được tạo ra từ các dịch vụ khác của khách sạn. Để lấy mẫu nước thải cho nghiên cứu này, chúng tôi thu thập nước thải trong 1 mẻ giặt trực tiếp từ ống xả của máy giặt. Mẫu được lấy sáng sớm và đưa ngay về phòng thí nghiệm môi trường Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường để tiến hành thí nghiệm. Cách lấy mẫu và bảo quản mẫu nước thải lần lượt tuân thủ theo TCVN 5999: 1995¹ và TCVN 6663-3: 2008².

Thành phần của mẫu nước thải thô – chưa xử lý được trình bày trong **Bảng 1**, cho thấy một số đặc điểm đặc trưng của nước thải giặt ủi so với nước thải sinh hoạt thông thường. Với pH trung bình là $8,2 \pm 0,3$, nước thải này có tính kiềm nhẹ, chủ yếu do sự hiện diện của các hóa chất tẩy rửa kiềm được sử dụng trong quá trình giặt. Mặc dù nồng độ amoni, nitrat và phosphat đều nằm trong giới hạn cho phép theo quy chuẩn QCVN 14:2008/BTNMT³, các thông số ô nhiễm khác như COD, BOD₅, TSS, độ đục, độ màu và tổng các chất hoạt động bề mặt đều vượt quá mức quy định. Sự gia tăng các thông số ô nhiễm này có thể là do các hợp chất hữu cơ khó phân huỷ từ quần áo bẩn, hoá chất tẩy rửa, bột giặt hay dư lượng chất xả vải. Đặc biệt, tỷ lệ BOD₅/COD là 0,33, gợi ý cần thiết phải áp dụng các phương pháp hóa lý, như keo tụ tạo bông, sẽ hiệu quả hơn trong giai đoạn xử lý nước thải này so với các phương pháp sinh học khác.

Bảng 1. Thành phần của mẫu nước thải thu thập từ đường ống thoát nước của máy giặt tại khách sạn trên địa bàn quận 12, TP.HCM

Thông số	Đơn vị	Trung bình (n=3)	Nước thải sinh hoạt *	QCVN 14:2008/BTNMT ³⁾	
				A	B
pH	-	8,2 ± 0,3	7	5-9	5-9
Nhu cầu oxy hoá học (COD)	mg/L	1015 ± 25	325	-	-
Nhu cầu oxy sinh học (BOD ₅)	mg/L	335 ± 5	250	30	50
Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/L	1410 ± 4	220	50	100
Độ đục	NTU	300 ± 5	-	-	-
Độ màu	Pt/Co	450 ± 3	-	-	-
Tổng các chất hoạt động bề mặt	mg/L	25 ± 1,2	-	5	10
Amoni (tính theo N)	mg/L	-	24	5	10
Nitrat (NO ₃ ⁻) (tính theo N)	mg/L	19 ± 1,5		30	50
Phosphat (PO ₄ ³⁻) (tính theo P)	mg/L	3 ± 0,5	35	6	10

*: Nước thải sinh hoạt lấy tại khu chung cư Golden King, TP.HCM

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hoá chất

Trong nghiên cứu này, chất keo tụ được sử dụng là phèn sắt (III) clorua có công thức FeCl₃, xuất xứ từ Trung Quốc và độ tinh khiết 96% (**Hình 1**). Ngoài ra, dung dịch H₂ SO₄ 10% và NaOH 10% được sử dụng để điều chỉnh pH cho các mẫu nước thải trong quá trình

¹ TCVN 5999:1995 : Chất lượng nước - lấy mẫu – hướng dẫn lấy mẫu nước thải

² TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3 : 2003) về Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 3: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu

³ QCVN 14:2008/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt

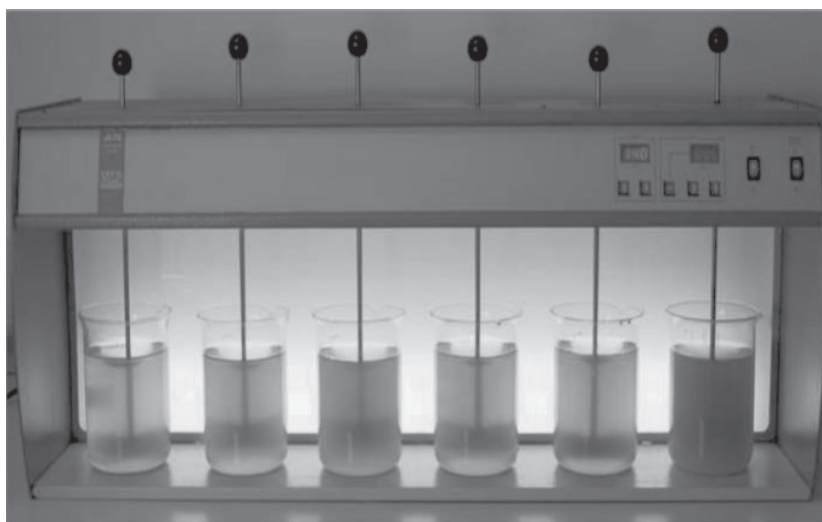
thí nghiệm.



Hình 1. Phèn sắt sắt III Clorua ($FeCl_3$)

Thiết bị

Nghiên cứu được tiến hành trên hệ khuấy Jartest đặt trong phòng thí nghiệm môi trường thuộc Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM trong khoảng thời gian tháng 6,7 năm 2024 (**Hình 2**).



Hình 2. Mô hình thí nghiệm Jartest

Phương pháp thí nghiệm

Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá hiệu suất xử lý nước thải giặt giũ bằng $FeCl_3$ thông qua phương pháp thí nghiệm Jartest, bao gồm hai bước chính: xác định pH tối ưu (thí nghiệm 1) và xác định lượng $FeCl_3$ tối ưu (thí nghiệm 2). Các thông số vận hành của thí nghiệm Jartest trong nghiên cứu lần này được xác lập dựa trên hai nguồn tài liệu chính. Tài liệu bài giảng môn Kỹ thuật xử lý nước thải 2 của PGS.TS Lê Hoàng Nghiêm (Le, 2016) và cuốn sổ tay hướng dẫn "Jar Tests for Water Treatment Optimization – How to Perform Jar Tests" (Martin và cs., 2022). Việc sử dụng các tài liệu này đảm bảo các thông số vận hành được thiết lập phù hợp với cả lý thuyết chuyên ngành và tiêu chuẩn thực hành quốc tế trong lĩnh vực xử lý nước thải.

Thí nghiệm 1: Có 6 beaker, trong mỗi beaker chứa 500 ml mẫu nước thải thô,

lượng FeCl_3 được sử dụng là 20 mg/L. pH của các mẫu được điều chỉnh từ 5 đến 7,5 bằng cách thêm dung dịch NaOH 10% hoặc H_2SO_4 10%. Sau khi điều chỉnh pH, các mẫu được khuấy nhanh ở tốc độ 100 vòng/phút trong 1 phút, rồi giảm tốc độ khuấy xuống 15-20 vòng/phút trong 30 phút. Sau khi để lắng trong 30 phút, nước trong được lấy mẫu để phân tích các thông số như độ đục và TSS.

Thí nghiệm 2: Trong thí nghiệm này, các beaker được xử lý với các nồng độ FeCl_3 khác nhau, từ 20 mg/L đến 120 mg/L (cách đều 20 mg/L). pH của các mẫu được điều chỉnh đến mức tối ưu đã xác định từ thí nghiệm 1. Thực hiện khuấy tương tự. Sau khi lắng, các thông số được phân tích bao gồm pH, COD, BOD_5 , TSS, độ đục, độ màu, chất hoạt động bề mặt, amoni, nitrat và phosphat.

Phương pháp lấy mẫu và Phân tích số liệu

Mẫu nước thải thô và mẫu sau khi xử lý ở các điều kiện vận hành tối ưu (pH=7, lượng FeCl_3 =80 mg/L) được kiểm tra các chỉ tiêu ô nhiễm chính bao gồm pH, COD, BOD_5 , TSS, độ đục, tổng các chất hoạt động bề mặt, amoni, nitrat và phosphat. Các phương pháp phân tích được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam và quốc tế, như nêu trong Bảng 1. Mỗi chỉ tiêu được phân tích ba lần để tính giá trị trung bình, nhằm đảm bảo độ chính xác của kết quả.

Kết quả phân tích được ghi nhận và trình bày dưới dạng đồ thị bằng phần mềm Excel. Hiệu suất xử lý (H%) được tính bằng công thức sau:

$$H\% = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \times 100\%$$

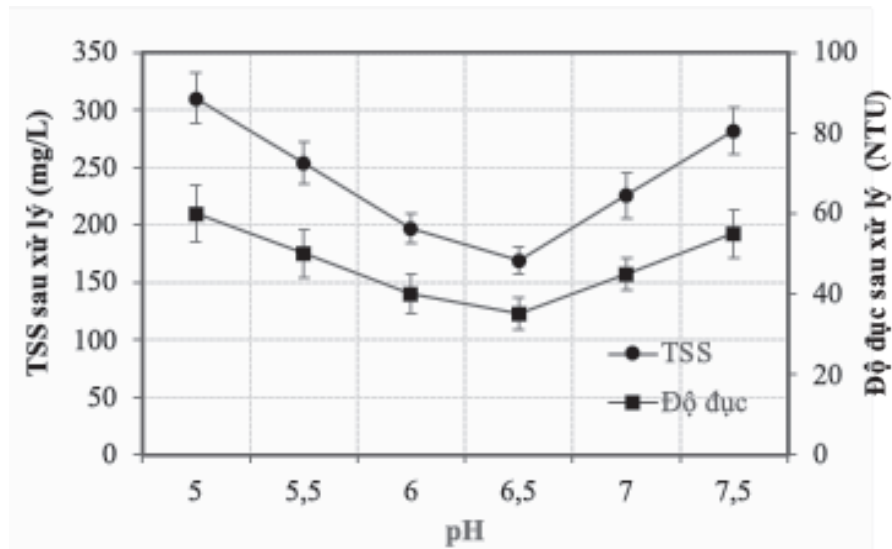
Trong đó, C_1 là nồng độ đầu vào và C_2 là nồng độ đầu ra của chỉ tiêu được phân tích. Đồ thị được sử dụng để thể hiện mối quan hệ giữa hiệu suất xử lý và các điều kiện vận hành như pH và liều lượng chất keo tụ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của pH đối với hiệu quả xử lý của FeCl_3

Dựa trên kết quả thể hiện trong **Hình 3**, ảnh hưởng của pH đối với hiệu quả xử lý của chất keo tụ FeCl_3 được khảo sát thông qua sự biến đổi của tổng chất rắn lơ lửng (TSS) và độ đục. Với 20 mg/L FeCl_3 được bỏ đều cho 6 beaker, nhận rằng thấy cả TSS và độ đục đều có xu hướng giảm khi pH tăng từ 5 đến 6,5, sau đó tăng lên khi pH tiếp tục tăng đến 7,5. Hiệu quả xử lý tối ưu đạt được tại pH 6,5, với TSS và độ đục đạt giá trị thấp nhất, lần lượt là khoảng 175 mg/L và 140 NTU. Cụ thể, TSS giảm từ 310 mg/L (pH 5) xuống 175 mg/L (pH 6,5), sau đó tăng lên 280 mg/L (pH 7,5). Tương tự, độ đục giảm từ 240 NTU (pH 5) xuống 140 NTU (pH 6,5), rồi tăng lên 220 NTU (pH 7,5).

Kết quả thí nghiệm Jarrest cho thấy pH là yếu tố quan trọng trong việc tối ưu hóa hiệu quả xử lý của FeCl_3 . Thông qua việc đo đạc TSS và độ đục, pH 6,5 được xác định là giá trị tối ưu, gần với điểm đẳng điện của nhiều chất ô nhiễm hữu cơ, giảm lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo và cải thiện quá trình keo tụ. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đó, cho thấy FeCl_3 hoạt động hiệu quả trong khoảng pH 4 - 11, đặc biệt là với nước thải giặt ủi có tính kiềm (Aboulhassan và cs., 2006; Kavvalakis và cs., 2016).



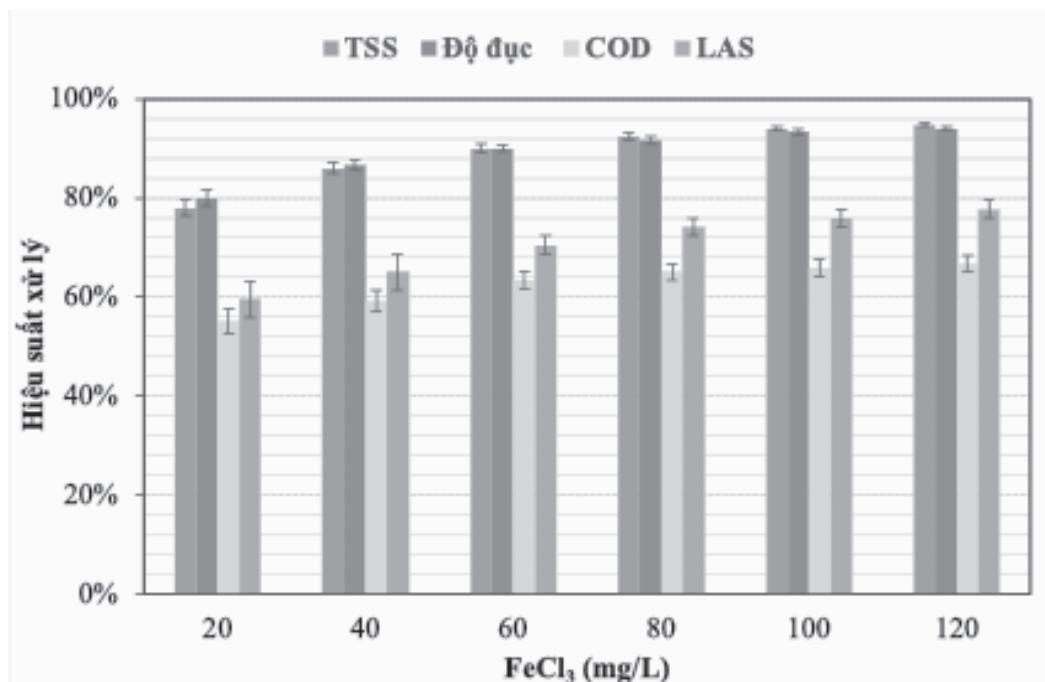
Hình 3. Ảnh hưởng của pH khi xử lý TSS và độ đục bằng $FeCl_3$

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của lượng phèn $FeCl_3$ đối với hiệu quả xử lý TSS, độ đục, COD, tổng các chất hoạt động bề mặt (LAS)

Hình 4 thể hiện ảnh hưởng của liều lượng $FeCl_3$ đến hiệu suất xử lý các thông số TSS, độ đục, COD và tổng các chất hoạt động bề mặt cho thấy rằng liều lượng $FeCl_3$ có tác động rõ rệt đến hiệu quả xử lý. Khi liều lượng $FeCl_3$ tăng từ 20 mg/L lên 80 mg/L, hiệu suất xử lý của tất cả các chỉ tiêu đều tăng lên đáng kể. Tại 80 mg/L, hiệu suất xử lý TSS và độ đục đạt khoảng 90%, gần như tối ưu, trong khi hiệu suất xử lý COD đạt trên 65% và hiệu suất xử lý LAS đạt khoảng 74%. So sánh giữa các chỉ tiêu cho thấy các thông số ô nhiễm có xu hướng đạt hiệu suất cao nhất nhanh chóng ở liều lượng 80 mg/L, trong khi lại không có sự cải thiện đáng kể khi liều lượng tiếp tục tăng đến 100 mg/L hay 120 mg/L. Điều này cho thấy rằng liều lượng 80 mg/L $FeCl_3$ không chỉ đảm bảo hiệu suất cao đối với TSS và độ đục mà còn đủ để đạt hiệu quả xử lý tốt đối với COD và tổng các chất hoạt động bề mặt, mà không cần tăng thêm liều lượng hóa chất, giúp tối ưu hóa chi phí và giảm thiểu tác động môi trường.

Liều lượng 80 mg/L $FeCl_3$ đã được xác định là tối ưu cho cả hiệu suất xử lý và tính tuân thủ khi với tiêu chuẩn môi trường TCXDVN 33:2006⁴. Thật vậy, đối với nước thô có độ màu 450 Pt-Co và hàm lượng cặn (TSS) 1410 mg/L, tiêu chuẩn quy định cho phép sử dụng đến khoảng 85 mg/L. Việc áp dụng liều lượng này gần với giới hạn cho phép, đảm bảo đáp ứng hiệu quả cho cả hai chỉ tiêu quan trọng về độ màu và hàm lượng cặn. Bên cạnh đó, liều lượng 80 mg/L $FeCl_3$ còn mang lại nhiều lợi ích kinh tế, giúp giảm thiểu chi phí hóa chất và khối lượng bùn thải sinh ra, từ đó giảm áp lực lên hệ thống xử lý và chi phí vận hành. Sự cân bằng giữa hiệu quả kỹ thuật và chi phí này cho thấy việc sử dụng liều lượng 80 mg/L $FeCl_3$ không chỉ là một giải pháp tối ưu trong xử lý nước thải mà còn góp phần giảm thiểu tác động đến môi trường, đáp ứng yêu cầu về chất lượng và hiệu quả kinh tế.

⁴ TCXDVN 33:2006: Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam về cấp nước – mạng lưới đường ống và công trình.



Hình 4. Ảnh hưởng của liều lượng FeCl₃ khi xử lý TSS, độ đục, COD và tổng các chất hoạt động bề mặt (LAS)

3.3. Đánh giá hiệu quả xử lý tại pH tối ưu và lượng phèn FeCl₃ tối ưu

Dưới các thông số vận hành tối ưu (pH = 6,5 và liều lượng C_{FeCl₃} = 80mg/L), hiệu suất xử lý của các thông số ô nhiễm có trong nước thải giặt ủi được thể hiện ở **Bảng 2**. Kết quả cho thấy phèn FeCl₃ đã đạt được hiệu suất xử lý trên dưới 90% đối với TSS (93%), độ đục (91,67%), độ màu (87,78%) và phospho (89,7%). Đặc biệt, với hiệu suất xử lý 74,09%, nồng độ của tổng các chất hoạt động bề mặt sau xử lý đạt 6,5 mg/L đáp ứng tiêu chuẩn của cột B theo QCVN 14:2008/BTNMT. Các kết quả này lại một lần nữa khẳng định tính ưu việt của chất keo tụ FeCl₃ trong xử lý nước thải ở bậc hoá lý.

Mặc dù nồng độ COD sau xử lý vẫn còn 355,25 mg/L với hiệu suất xử lý chỉ đạt khoảng 65%, nhưng tỷ lệ BOD₅/COD đã cải thiện từ 0,33 trong nước thải thô lên 0,46. Kết quả này cho thấy phèn FeCl₃ đã loại bỏ một phần đáng kể các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học có trong nước thải, điều này tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình xử lý sinh học tiếp theo. Trong nước thải giặt ủi, có thể nói COD và tổng các chất hoạt động bề mặt là các chỉ số ô nhiễm quan trọng, vì chúng phản ánh mức độ ô nhiễm của nước thải này. Thật vậy, nước thải giặt ủi chứa lượng lớn chất hữu cơ từ quần áo bẩn và các hóa chất tẩy rửa như bột giặt, xà vải, và chất làm mềm vải. Những thành phần này làm tăng chất hữu cơ khó phân hủy trong nước thải, được thể hiện qua nồng độ COD và các chất hoạt động bề mặt, dẫn đến mức ô nhiễm cao hơn khá nhiều so với nước thải sinh hoạt. Vì vậy, khi lượng nước thải giặt ủi ngày càng tăng theo nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội, thì cần xem xét phân loại nước thải này như một loại nước thải công nghiệp và áp dụng các tiêu chuẩn xử lý nghiêm ngặt hơn, chẳng hạn như QCVN 40:2011/BTNMT⁵, để đảm bảo xử lý hiệu quả.

Một điểm cần lưu ý là pH của nước thải sau xử lý giảm mạnh (pH = 5,0). Sự sụt

⁵ QCVN 40:2011/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp

giảm này là do cơ chế keo tụ của FeCl_3 , trong đó phèn phản ứng với các ion trong nước để hình thành các floc bông, đồng thời tạo ra các acid. Quá trình này làm giảm pH do sự hình thành các proton H^+ từ phản ứng keo tụ. Hơn nữa, cơ chế hấp phụ của FeCl_3 cũng góp phần vào sự giảm pH, khi các ion AMF (anionic metal flocculants) được hấp phụ lên các hạt floc, làm gia tăng nồng độ acid trong dung dịch (Aboulhassan, 2006). Để chuẩn bị cho các bước xử lý sinh học phía sau, cần bổ sung thêm các chất kiềm để trung hòa pH và tạo môi trường thuận lợi cho quá trình xử lý tiếp theo, đảm bảo rằng các vi sinh vật trong hệ thống xử lý sinh học có điều kiện tối ưu để hoạt động.

Bảng 2. Các thông số ô nhiễm của nước thải sau xử lý tại pH tối ưu (6,5) và liều lượng phèn FeCl_3 tối ưu (80 mg/L)

Thông số	Đơn vị	Trước xử lý	FeCl_3 (80 mg/L)	
			Sau xử lý	HS (%)
pH	-	8,2 ± 0,3 (pH _{tối ưu} = 6,5)	5,0	-
Nhu cầu oxy hoá học (COD)	mg/L	1015 ± 25	355,25 ± 20	65,0 ± 1,67
(BOD ₅ / COD)	mg/L	(0,33 ± 0,008)	(0,46 ± 0,01)	-
Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/L	1410 ± 4	105,75 ± 10	92,5 ± 0,80
Độ đục	NTU	300 ± 5	25 ± 1,5	91,67 ± 0,67
Độ màu	Pt/Ct	450 ± 3	55 ± 1,2	87,78 ± 0,67
Tổng các chất hoạt động bề mặt Amoni (tính theo N)	mg/L	-	-	-
Nitrat (NO_3^-) (tính theo N)	mg/L	19 ± 1,5	15,23 ± 2,9	19,74 ± 0,5
Phosphat (PO_4^{3-}) (tính theo P)	mg/L	3 ± 0,5	0,31 ± 0,01	89,7 ± 1,2

4. Kết luận

Nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của phèn sắt (III) clorua (FeCl_3) trong xử lý nước thải giặt ủi thông qua quá trình keo tụ- tạo bông. Dưới điều kiện tối ưu (pH 6,5; liều lượng 80 mg/L), FeCl_3 cho thấy hiệu suất xử lý cao đối với các thông số ô nhiễm chính: 93% đối với tổng chất rắn lơ lửng (TSS), 91,67% đối với độ đục, 87,78% đối với độ màu và 89,7% đối với photpho. Nồng độ tổng chất hoạt động bề mặt sau xử lý (6,5 mg/L) đáp ứng QCVN 14:2008/BTNMT cột B. Mặc dù hiệu suất xử lý COD chỉ đạt 65%, tỷ lệ BOD₅/COD tăng từ 0,33 lên 0,46, cho thấy khả năng loại bỏ chất hữu cơ khó phân hủy của FeCl_3 . Với đặc tính và khối lượng xả thải ngày càng tăng, cần xem xét phân loại nước thải giặt ủi như nước thải công nghiệp và áp dụng tiêu chuẩn xử lý nghiêm ngặt hơn để đảm bảo xả thải an toàn, bảo vệ nguồn nước □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aboulhassan, M. A., Souabi, S., Yaacoubi, A., & Baudu, M. (2006). Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3(4), 327–332.
<https://doi.org/10.1007/BF03325941>
- Braga, J. K., & Varesche, M. B. A. (2014). Commercial Laundry Water Characterisation.

- American Journal of Analytical Chemistry*, 05(01), 8–16.
<https://doi.org/10.4236/ajac.2014.51002>
- Kavvalakis, M. P., Dialynas, E. G., & Dialynas, G. E. (2016). Advanced treatment of laundry wastewater with coagulation and flocculation. *Unit of Environmental Science and Technology. National Technical University of Athens*.
- Lâm, Ngọc Hà Phương, & Đình, Thị Thu Hà (2023). Nghiên cứu xử lý ô nhiễm nước thải nhà máy xử lý rác thải Định Quán bằng mô hình kết hợp phương pháp keo tụ với UASB. Đại học Tài nguyên và Môi trường TpHCM.
- Lê Hoàng Nghiêm (2016). *Tài liệu bài giảng môn Kỹ thuật xử lý nước thải 2*, Bộ môn Kỹ thuật môi trường, Khoa Môi trường, Trường ĐH TN&MT TP.HCM
- Lê Hoàng Việt, Trần Phương Bình, Mai Trung Hậu, & Nguyễn Võ Quỳnh Châu (2017). Khảo sát một số thông số vận hành quy trình keo tụ-Tạo bông kết hợp fenton xử lý nước thải nhà máy in. *Tạp chí khoa học trường Đại học Cần Thơ (phần A: Khoa học tự nhiên - công nghệ môi trường)*. 162 -172. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2017.043>
- Martin, P., Kateřina, N., Lenka, Č., Radim, P. (2022). *Jar Tests for Water Treatment Optimization – How to Perform Jar Tests – a handbook*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789062694>
- Nhóm tác giả MT&ĐT (2/12/2018). Phương pháp tổng hợp xác định lượng nước tiêu thụ hộ gia đình. *Môi trường và đô thị (Môi trường)*
<https://www.moitruongvadothi.vn/phuong-phap-tong-hop-xac-dinh-luong-nuoc-tieu-thu-ho-gia-dinh-a22909.html>
- Ngô Quý Quyền, Vũ Đình Thảo, & Đào Thị Thùy Linh (2018). Nghiên cứu xử lý nước thải của quá trình sản xuất giấy bằng phương pháp keo tụ kết hợp ôxi hóa nâng cao. *Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật*. 3-10.