

# Ứng dụng keo tụ PAC và PFC để tối ưu hóa tiền xử lí nước mặt sông Lương Quới cho hệ thống lọc RO

Trần Thành<sup>1</sup>, Đỗ Vinh Đường<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Phước<sup>1</sup>, Cao Tấn Phát<sup>2</sup>, Trần Ngọc Hải Triều<sup>2</sup>, Lê Thị Thanh Vân<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Ứng dụng Công nghệ và Phát triển bền vững – Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

<sup>2</sup> Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm – Trường Đại học Nông Lâm

tthanh@ntt.edu.vn

## Tóm tắt

Xâm nhập mặn đang ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống và nông nghiệp. Nghiên cứu đã chứng minh rằng việc sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt phối hợp thiết kế cấu trúc có tâm (RSM – CCD) trong việc tối ưu hóa quá trình xử lí là rất hiệu quả, giúp tiết kiệm thời gian, chi phí và tăng hiệu suất xử lí nước, với sự chú trọng vào vấn đề xử lí sơ bộ bằng các vật liệu keo tụ PAC và PFC. Kết quả cho thấy, ở điều kiện pH 11, hiệu suất xử lí của PAC đạt 93,83%, và của PFC đạt 87,4%. Hiệu suất lọc cao nhất là 76,9% được đạt được tại pH 6, sử dụng PAC, và 71,4% với PFC tại pH 8,5. Kết quả này cung cấp một giải pháp hiệu quả cho việc tiền xử lí hệ thống RO, phát triển một phương pháp mới giúp cung cấp nguồn nước sạch, hỗ trợ cuộc sống hàng ngày và hoạt động nông nghiệp. Điều này mở ra hướng nghiên cứu mới trong lĩnh vực khử mặn và bảo vệ môi trường.

Nhận 19/08/2023  
Được duyệt 18/10/2023  
Công bố 01/11/2023

Từ khóa  
xâm nhập mặn,  
keo tụ bông,  
tiền xử lí, PAC, PFC

© 2023 Journal of Science and Technology - NTTU

## 1 Giới thiệu

Biến đổi khí hậu đang gây ra những thay đổi thời tiết cực đoan, bao gồm việc tăng nhiệt độ làm tan băng ở các đại dương, gây ra hiện tượng xâm nhập mặn. Xâm nhập mặn đang làm giảm lượng nước ngọt sẵn có, đặc biệt là ở một số tỉnh ven biển của Việt Nam, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống hàng ngày của người dân và hoạt động nông nghiệp. Hiện nay, nhiều nhà máy cấp nước ở tỉnh Bến Tre và khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long đang bị gián đoạn hoạt động do sử dụng các công nghệ truyền thống, không có công nghệ khử [1, 2]. Công nghệ khử mặn hiện đại, như công nghệ màng thẩm thấu ngược (RO), đã được thế giới nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi. Tuy nhiên, để đảm bảo được về tuổi thọ của màng RO và duy trì hệ thống khử mặn được hoạt động ổn định thì vấn đề xử lí sơ bộ trước khi đưa vào hệ thống khử mặn cần phải đạt hiệu quả tốt. Cả poly aluminium chloride (PAC) và poly

ferric chloride (PFC) đều là các loại chất keo tụ hiệu quả, có khả năng hình thành các bông tảo và các hạt bẩn khác trong nước thành các dạng kết tủa, dễ dàng loại bỏ bằng quá trình lọc hoặc lắng đọng [3]. Điều này giúp cải thiện chất lượng nước cấp bằng cách loại bỏ các hạt lơ lửng. Với việc biến đổi khí hậu làm tính chất nước thay đổi liên tục, PAC và PFC có khả năng hoạt động ở nhiều giá trị pH khác nhau. Điều này cho phép chúng hoạt động tốt trong các điều kiện biến đổi và không ổn định của nước. Cả PAC và PFC đều cho thấy khả năng tạo bông hiệu quả, giúp nhanh chóng gom nhóm và loại bỏ các hạt chất cặn, chất hữu cơ và các chất ô nhiễm khác khỏi nước. Cả hai chất này đều dễ dàng kiểm soát liều lượng và thời gian tiếp xúc, giúp tối ưu hóa hiệu suất xử lí nước. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp RSM – CCD để tối ưu hóa quá trình xử lí nước, là một yếu tố mới và quan trọng. Phương pháp này giúp xác định các giá trị tối ưu của các yếu tố quan

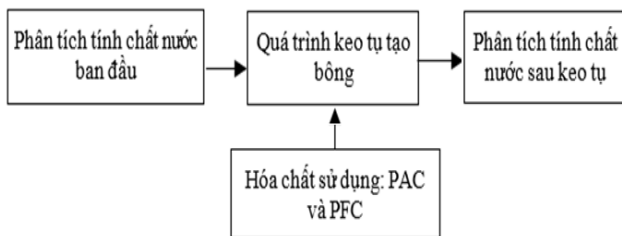
trọng như pH, liều lượng sử dụng, và thời gian lắng đọng. Bằng cách này, nghiên cứu có thể cung cấp những dự đoán chính xác và khoa học về cách cải thiện hiệu suất xử lý nước, tạo điều kiện lý tưởng cho việc nghiên cứu tối ưu hóa quá trình xử lý nước.

## 2 Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện trên đối tượng là nguồn nước đầu vào được lấy trực tiếp từ sông Lương Quới. Sau đó, nước vào được kiểm tra hiệu suất xử lý bằng phương pháp keo tụ tạo bông với hai loại vật liệu là PAC, PFC. Quá trình thực nghiệm nhằm chọn được liều lượng sử dụng và môi trường pH phù hợp cho mỗi loại vật liệu keo tụ.

### 2.2 Phương pháp nghiên cứu và phân tích



**Hình 1** Sơ đồ tiến trình nghiên cứu thử nghiệm.

Nghiên cứu thực hiện các thí nghiệm bằng phương pháp keo tụ tạo bông, đánh giá hiệu suất xử lý khi thay

**Bảng 1** Giá trị pH, liều lượng sử dụng và thời gian lắng dủng trong phương pháp phương pháp RSM – CCD và vật liệu keo tụ PAC

Bề mặt đáp ứng	Chỉ tiêu	Tên yếu tố	Phạm vi nghiên cứu	Mức		
				-1	0	1
R1	TSS	pH	5 – 11	5	8	11
		Liều lượng sử dụng (mg)	100 – 1.000	100	550	1.000
		Thời gian lắng (phút)	2 – 30	2	16	30
R2	Độ đục	pH	5 – 11	5	8	11
		Liều lượng sử dụng (mg)	100 – 1.000	100	550	1.000
		Thời gian lắng (phút)	2 – 30	2	16	30
R3	Độ màu	pH	5 – 11	5	8	11
		Liều lượng sử dụng (mg)	100 – 1.000	100	550	1.000
		Thời gian lắng (phút)	2 – 30	2	16	30

đổi liều lượng hóa chất và môi trường pH được sử dụng. Trình tự nghiên cứu và đánh giá theo sơ đồ Hình 1.

Việc thiết kế thí nghiệm bằng phương pháp RSM – CCD nhằm xác định được ba yếu tố và mức độ ảnh hưởng của pH, liều lượng sử dụng và thời gian lắng (phút) đến hiệu suất xử lý trong quá trình keo tụ tạo bông [4]. Thí nghiệm được thiết kế với ba yếu tố ở ba mức và áp dụng phương pháp RSM - CCD. Hai yếu tố liều lượng dùng và thời gian lắng của PAC [5] và PFC [6] có ảnh hưởng đến kết quả khảo sát được tiến hành tối ưu hóa theo phương pháp cấu trúc có tâm (CCD) để xác định giá trị tối ưu và được nghiên cứu ở ba mức trong CCD mức thấp (-1) và cao (+1) của hai yếu tố được liệt kê. Dựa vào kết quả thực nghiệm thu được từ thí nghiệm theo RSM - CCD, phần mềm Design - Expert đã phân tích và đề xuất các giải pháp để đạt hiệu suất cao nhất dựa trên các yếu tố. Phương pháp CCD giúp xác định điểm hoạt động tối ưu cho mỗi yếu tố, nhờ đó có thể tối ưu hóa quá trình keo tụ tạo bông để đạt hiệu suất xử lý tốt nhất, cho phép xác định và loại bỏ các yếu tố không ảnh hưởng đến kết quả, giúp nâng cao độ tin cậy và chính xác của mô hình thực nghiệm. Thay vì thực hiện một số lượng lớn thí nghiệm, CCD cho phép giảm thiểu số lượng thí nghiệm cần thực hiện mà vẫn giữ được sự độc lập và khả năng đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố.

**Bảng 2** Giá trị pH, liều lượng sử dụng và thời gian lắng dủng trong phương pháp phương pháp RSM – CCD vật liệu keo tụ PFC

Bề mặt đáp ứng	Chỉ tiêu	Tên yếu tố	Phạm vi nghiên cứu	Mức		
				-1	0	1
R1	TSS	pH	6 – 11	6	8,5	11
		Liều lượng sử dụng (mL)	0,1 – 0,7	0,1	0,4	0,7
		Thời gian lắng (phút)	5 – 30	5	17,5	30
R2	Độ đục	pH	6 – 11	6	8,5	11
		Liều lượng sử dụng (mL)	0,1 – 0,7	0,1	0,4	0,7
		Thời gian lắng (phút)	5 – 30	5	17,5	30
R3	Độ màu	pH	6 - 11	6	8,5	11
		Liều lượng sử dụng (mL)	0,1 – 0,7	0,1	0,4	0,7
		Thời gian lắng (phút)	5 – 30	5	17,5	30

Hiệu suất xử lý được thực nghiệm trên các thông số như TSS, độ đục và độ màu. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần để đảm bảo độ tin cậy và được phân tích với phương pháp ở Bảng 3.

**Bảng 3** Các phương pháp phân tích mẫu

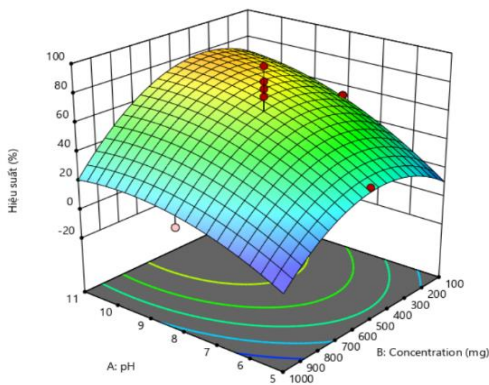
STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp thử nghiệm	LOD
1	TSS	mg/L	TCVN 6625: 2000 (ISO 11923:1997)	± 0,01
2	Độ đục	NTU	TCVN 6184 - 1996 (ISO 7027 - 1990) hoặc SMEWW 2130 B	± 0,1
3	Độ Màu	TCU	TCVN 6185 - 1996 (ISO 7887 - 1985) hoặc SMEWW 2120	± 0,1

### 3 Kết quả và thảo luận

#### 3.1 Kết quả hiệu suất xử lý của hàm lượng chất lơ lửng (TSS) sau quá trình keo tụ tạo bông

Sau quá trình keo tụ tạo bông, kết quả hiệu suất xử lý đối với hàm lượng chất lơ lửng của hai vật liệu keo tụ PAC và PFC có thể thấy được kết quả như sau.

Trong điều kiện pH 11, hiệu suất xử lý của PAC đạt đến 93,83% khi sử dụng liều lượng keo tụ là 236 mg và thời gian lắng đọng là 28 phút 36 giây. Phân tích sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt cho thấy PAC hoạt động hiệu quả trong môi trường có độ kiềm cao. Ngoài ra,

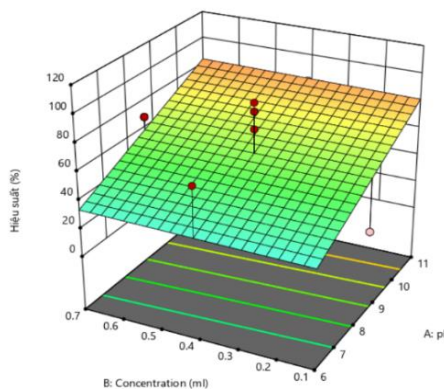


**Hình 2** Hiệu quả xử lý TSS bằng vật liệu PAC

#### 3.2 Kết quả hiệu suất xử lý sau quá trình keo tụ tạo bông đối với độ đục của nước

Nghiên cứu cho thấy, hiệu suất dựa trên pH môi trường và liều lượng PAC sử dụng. Hiệu suất lọc cao nhất là 76,9% đạt được ở pH 6, sử dụng 100 mg PAC và thời gian lắng đọng 30 phút. Có nghĩa là, môi trường có pH thấp hơn và liều lượng PAC thấp có thể tối ưu hóa quá trình lọc và giảm độ đục của nước. Tuy nhiên, ở môi trường có pH 11 với liều lượng PAC cao (1.000 mg) hiệu suất lọc giảm xuống còn 31,5%. Vì vậy, môi trường pH cao và liều lượng PAC cao có thể không phải lúc nào cũng tốt cho quá trình lọc, có thể do sự thay đổi trong cấu trúc và tính chất hóa học của các hợp chất trong

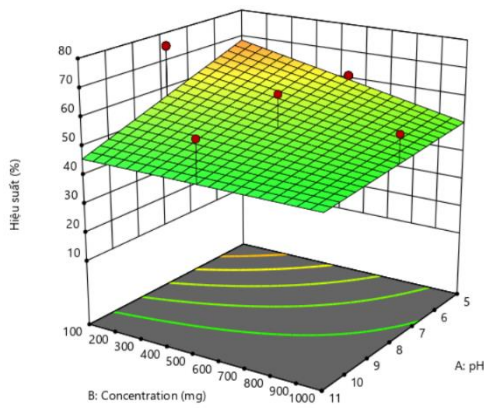
liều lượng PAC từ 200 mg đến 400 mg được xác định là phạm vi tối ưu để đạt được hiệu suất xử lý cao nhất. Đối với PFC, hiệu suất xử lý đạt đến 87,4% khi sử dụng liều lượng keo tụ là 0,7 mL tại pH 11 và thời gian lắng đọng là 30 phút. Phân tích sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt cho thấy PFC hoạt động hiệu quả nhất trong môi trường có pH 11. Khi giảm pH của môi trường, hiệu suất xử lý của PFC giảm. Tuy nhiên, việc thay đổi liều lượng PFC từ 0,1 mL đến 0,7 mL không ảnh hưởng đáng kể đến quá trình keo tụ, với hiệu suất xử lý dao động từ 8,2% đến 87,4%.



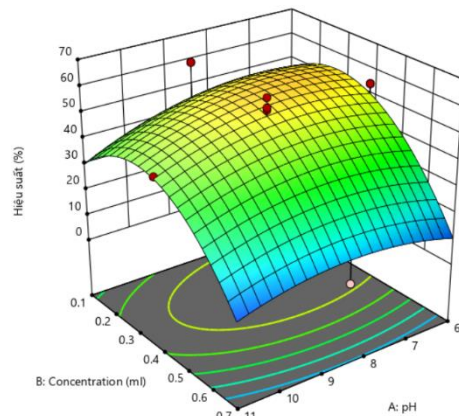
**Hình 3** Hiệu quả xử lý TSS bằng vật liệu PFC

nước. Đối với hiệu quả xử lý của PFC, kết quả của hiệu suất xử lý cao nhất là 71,4% được đạt được khi sử dụng 0,4 mL tại pH 8,5 và thời gian lắng đọng 30 phút. Điều này cho thấy môi trường có độ pH gần trung lập đến kiềm nhẹ là tối ưu cho quá trình keo tụ tạo bông. Tuy nhiên, tại pH 11 và sử dụng liều lượng PFC là 0,7 mL, hiệu suất xử lý giảm xuống chỉ còn 6,1%, chứng tỏ môi trường kiềm mạnh có thể không phù hợp với quá trình keo tụ tạo bông, dẫn đến hiệu suất giảm đáng kể. Mô hình tối ưu có điểm trung tâm, với liều lượng PFC là 0,4 mL và pH 8,5 đạt hiệu suất 54,9%. Điều này khẳng định thêm rằng môi trường pH gần trung tính đến kiềm nhẹ cung cấp môi trường tối ưu cho quá trình keo tụ tạo bông.



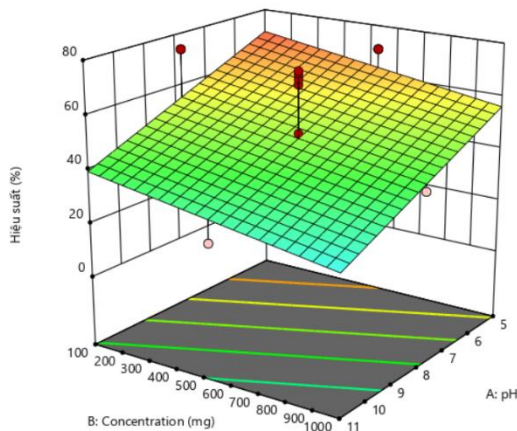


**Hình 4** Hiệu quả xử lý độ đục bằng vật liệu PAC

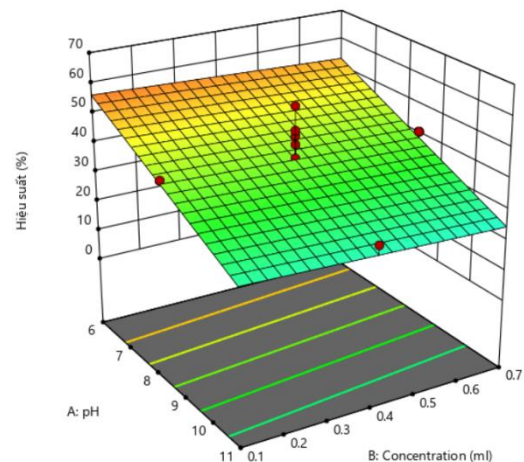


**Hình 5** Hiệu quả xử lý độ đục bằng vật liệu PFC

### 3.3 Kết quả hiệu suất xử lý sau quá trình keo tụ tạo bông đối với độ màu của nước



**Hình 6** Hiệu quả xử lý độ bằng màu vật liệu PAC



**Hình 7** Hiệu quả xử lý độ màu bằng vật liệu PFC

Kết quả cho thấy hiệu suất xử lý cao nhất là 75,1% đạt được ở pH 5 sử dụng 135 mg PAC và thời gian lắng đọng 27 phút. Điều này hàm ý rằng, môi trường có độ pH thấp và liều lượng PAC thấp có thể tối ưu hóa hiệu suất lọc và giảm độ màu của nước. Tuy nhiên, tại pH 11 và sử dụng liều lượng PAC là 1.000 mg, hiệu suất xử lý giảm xuống chỉ còn 18,7 %, chứng tỏ môi trường pH cao và liều lượng PAC cao có thể không phải lúc nào cũng tối ưu cho việc giảm độ màu nước.

Đối với hiệu suất xử lý của chất keo tụ PFC, hiệu suất xử lý cao nhất là 71,4% được đạt được khi sử dụng 0,4 mL tại pH 8,5 và thời gian lắng đọng 30 phút. Điều này cho thấy môi trường có độ pH gần trung lập đến kiềm nhẹ là tối ưu cho quá trình keo tụ tạo bông. Tại pH 11 và sử dụng liều lượng PFC là 0,7 mL hiệu suất xử lý giảm xuống chỉ còn 6,1%, như vậy, môi trường kiềm mạnh không phải lúc nào cũng phù hợp với quá trình keo tụ tạo bông, dẫn đến hiệu suất giảm đáng kể.

## 4 Kết luận

Nghiên cứu về việc ứng dụng keo tụ PAC và PFC để tối ưu hóa tiền xử lý nước mặt từ sông Lương Quới cho hệ thống lọc RO đã mang lại những phát hiện quan trọng. Đặc biệt, PAC cho thấy hiệu suất xử lý tốt nhất ở pH 11 với liều lượng 236 mg, trong khi PFC hiệu quả nhất ở pH 11 với liều lượng 0,7 mL. Tuy nhiên, ở môi trường kiềm mạnh (pH 11) và liều lượng cao, hiệu suất xử lý giảm đáng kể. Đối với việc giảm độ màu, môi trường có độ pH thấp (pH 5) với liều lượng PAC thấp (135 mg) cho thấy hiệu suất tối ưu.

Nghiên cứu này cung cấp một hướng dẫn chi tiết về cách tối ưu hóa quá trình keo tụ, đặc biệt trong bối cảnh nguồn nước mặt ngày càng khan hiếm và nhu cầu về nước sạch ngày càng tăng. Điều này giúp nâng cao chất lượng nước đầu vào cho hệ thống lọc RO, giảm thiểu rủi ro tắc nghẽn màng lọc và kéo dài tuổi thọ của hệ thống. Đồng thời khẳng định, việc kiểm soát cẩn thận độ pH và liều

lượng tối ưu cho PAC và PFC là những yếu tố quan trọng để đảm bảo hiệu suất xử lý tối ưu của quá trình keo tụ tạo bông. Kết quả này có thể hỗ trợ trong việc phát triển các phương pháp xử lý nước hiệu quả hơn trong tương lai.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được tài trợ từ nguồn kinh phí đề tài từ Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ đề tài

“Nghiên cứu xây dựng hệ thống xử lý nước nhiễm mặn có ứng dụng IoT để cấp nước sinh hoạt cho người dân vùng bị xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre và một số tỉnh lân cận” mã số ĐTĐL.CN-123/21. Chúng tôi xin cảm ơn sở Khoa học và công nghệ tỉnh Bến Tre cùng Đại học Nguyễn Tất Thành đã hỗ trợ thời gian, phương tiện vật chất và phòng thí nghiệm thử nghiệm cho nghiên cứu này.

**Tài liệu tham khảo**

1. Dương, M. T. T., Dương, V. N., Nga, T. T. V., & Diệu, L. T. H. J. T. c. K. h. v. C. n.-Đ. h. Đ. N. (2021). Chỉ số đánh giá khan hiếm nguồn nước: Tổng quan và phương pháp tính. *Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Đại học Đà Nẵng*, 11-16.
2. Lê Minh, T., Nguyễn Thái, B., Trương Minh, Q., Phan Thu, T., Lê Quốc, T., & Nguyễn Vũ Đức, T. (2023). Ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến sản xuất nông nghiệp huyện Châu Thành, tỉnh Bến Tre giai đoạn 2021-2022. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát Triển nông thôn*.
3. Mohamed Noor, M., Wong, S., Ngadi, N., Mohammed Inuwa, I., Opotu, L. J. I. J. o. E. S., & Technology. (2022). Assessing the effectiveness of magnetic nanoparticles coagulation/flocculation in water treatment: a systematic literature review. *19(7)*, 6935-6956.
4. Moradnia, M., Dindarlo, K., & Ali Jamali, H. (2016). Optimizing potassium ferrate for textile wastewater treatment by RSM. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 3(3), 137-142.
5. Narges, S., Ghorban, A., Hassan, K., & Mohammad, K. (2021). Prediction of the optimal dosage of coagulants in water treatment plants through developing models based on artificial neural network fuzzy inference system (ANFIS). *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19, 1543-1553.
6. Wei, Y., Lu, J., Dong, X., Hao, J., & Yao, C. (2017). Coagulation performance of a novel poly-ferric-acetate (PFC) coagulant in phosphate-kaolin synthetic water treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 34, 2641-2647.

**Application of PAC and PFC coagulation to optimize pre-treatment of Luong Quoi River surface water for RO filtration system**

Tran Thanh<sup>1</sup>, Do Vinh Duong<sup>1</sup>, Nguyen Van Phuoc<sup>1</sup>, Cao Tan Phat<sup>2</sup>, Tran Ngoc Hai Trieu<sup>2</sup>, Le Thi Thanh Van<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Applied Technology and Sustainable Development – Nguyen Tat Thanh University

<sup>2</sup>Faculty of Chemical Technology and Food – Nong Lam University

tthanh@ntt.edu.vn

**Abstract** Saltwater intrusion is severely affecting livelihoods and agriculture. The use of the RSM-CCD method in optimizing the treatment process has been proved to be highly effective in saving time, costs, and enhancing water treatment efficiency, along with preliminary treatment using coagulant materials PAC and PFC. The results show that under pH 11, the treatment efficiency of PAC and PFC reached 93.83% and 87.4%, respectively. The highest filtration efficiency of using PAC was 76.9% at pH 6, and that of using PFC was 71.4% at pH 8.5. These results provide an effective insights for pre-treatment before the RO system, thereby developing a new method to supply clean water, and improving daily life and agricultural activities. This opens up new research directions in the field of desalination and environmental protection.

**Keywords** Saltwater intrusion, flocculation, pre-treatment, PAC, PFC.

