

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science

**INTEGRATION OF COPPERAS AND CALCIUM HYDROXIDE AS A
COAGULANT AND COAGULANT AID FOR THE TREATMENT
OF PALM OIL MILL EFFLUENT**

NURUL AQILAH MOHAMAD

JUNE 2022

Main Supervisor : Associate Professor Sofiah binti Hamzah, Ph.D
Co-Supervisor : Ts. Mohammad Hakim bin Che Harun, Ph.D
Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

Palm oil mill effluent (POME) is highly polluted wastewater that is harmful to the environment if discharged directly to a water source without proper treatment. Thus, highly efficient treatment with reasonable cost is needed. This study reports the coagulation treatment of POME using integrated copperas and calcium hydroxide. The properties of copperas were determined using scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and X-ray fluorescence (XRF). Coagulation was conducted using jar test experiments for various coagulant formulations and dosages, initial pH, stirring speed, and sedimentation time. The efficiency of the coagulant was further investigated by a semi-continuous treatment system consisting of coagulation, sedimentation, and filtration processes. The characterisation results show that copperas has a compact gel network structure with strong O-H stretching and monoclinic crystal structure. The effectiveness of integrated copperas and calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) with the formulation of 80:20 Copperas/lime (CL) removed 77.6%, 73.4%, and 57.0% (ANOVA, $p\text{-value} < 0.05$) for anaerobic POME sample of turbidity, colour, and chemical oxygen demand (COD), respectively. Furthermore, the integration of copperas and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ produced heavier flocs (ferric hydroxide), which improved gravity settling. The coagulation equilibrium analysis shows that the Langmuir model best described 80:20 CL for anaerobic POME sample as the process exhibited

monolayer adsorption. With semi-continuous treatment, the pollutants in the anaerobic POME sample decreased, resulting in the removal efficiency of 57.34% for turbidity, 95.16% for colour, 82.08% for COD, and 83.23% for TSS. Meanwhile, the results of the final discharge POME sample were 54.81%, 81.08%, 78.05%, and 68.51% for turbidity, colour, COD, and TSS removal, respectively. The statistical analysis of ANOVA for both samples (p -value <0.05) indicated that the data was statistically significant with the SAC as a media filter. The results show that copperas with the aid of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ demonstrated high potential in the removal of those parameters from POME with acceptable final pH for discharge. The utilisation of this by-product as a coagulant in effluent treatment can unlock the potential of copperas for wider applications, improve its marketability, and reduce gypsum waste generation from the TiO_2 industry.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana Sains

**INTEGRASI KOPPERAS DAN KALSIMUM HIDROKSIDA SEBAGAI
KOAGULASI KIMIA DAN BAHAN BANTUAN KOAGULASI UNTUK
RAWATAN EFFLUEN KILANG KELAPA SAWIT**

NURUL AQILAH MOHAMAD

JUN 2022

Penyelia Utama : Profesor Madya Sofiah binti Hamzah, Ph.D

Penyelia Bersama : Ts. Mohammad Hakim bin Che Harun, Ph.D

Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik

Effluen kilang kelapa sawit (POME) adalah air buangan yang sangat tercemar yang berbahaya kepada alam sekitar jika dibuang secara terus ke sumber air tanpa rawatan yang betul. Oleh itu, rawatan yang sangat cekap dengan kos yang berpatutan diperlukan. Kajian ini melaporkan rawatan koagulasi POME menggunakan kopperas dan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Ciri-ciri kopperas ditentukan dengan menggunakan mikroskopi elektron imbasan (SEM), inframerah transformasi Fourier (FTIR), difraksi sinar-X (XRD), dan pendarfluor sinar-X (XRF). Koagulasi dilakukan menggunakan eksperimen uji balang untuk beberapa formulasi dan dos koagulan, pH awal, kelajuan pengadukan, dan waktu pemendapan. Kecekapan koagulan selanjutnya diteliti oleh sistem rawatan separa berterusan yang terdiri daripada proses koagulasi, pemendapan, dan penapisan. Hasil pencirian menunjukkan bahawa kopperas mempunyai struktur rangkaian gel yang padat dengan regangan O-H yang kuat dan struktur kristal monoklinik. Keberkesanan kopperas dan Ca(OH)_2 dengan formulasi 80:20 kopperas/kapur (CL) menunjukkan peratusan untuk kekeruhan, warna dan keperluan oksigen kimia (COD) adalah 77.6%, 73.4%, dan 57.0% (ANOVA, nilai $p < 0.05$) untuk sampel POME anaerobik. Selanjutnya, penyatuan kopperas dan Ca(OH)_2 menghasilkan flok yang lebih berat (ferrik hidroksida), yang meningkatkan pemendapan graviti. Analisis keseimbangan koagulasi menunjukkan bahawa model Langmuir paling tepat menggambarkan untuk koagulan 80:20 CL kerana prosesnya menunjukkan penjerapan lapisan tunggal.

Dengan rawatan separa berterusan, bahan pencemar dalam sampel POME anaerobik menurun, menghasilkan kecekapan penyingkiran sebanyak 57.34% untuk kekeruhan, 95.16% untuk warna, 82.08% untuk COD, dan 83.23% untuk TSS. Sementara itu, hasil sampel POME dari buangan terakhir adalah 54.81%, 81.08%, 78.05%, dan 68.51% untuk penyingkiran kekeruhan, warna, COD, dan TSS. Analisis statistik ANOVA untuk kedua-dua sampel (nilai $p < 0,05$) menunjukkan bahawa data tersebut signifikan secara statistik dengan SAC sebagai media penapis. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa kopperas dengan bantuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menunjukkan potensi yang tinggi dalam penyingkiran parameter tersebut dari POME dengan pH akhir yang dapat diterima untuk dilepaskan ke aliran air. Penggunaan produk sampingan ini sebagai bahan koagulasi dalam rawatan effluen dapat membuka potensi kopperas untuk aplikasi yang lebih luas, meningkatkan kebolehpasarannya, dan mengurangi penghasilan sisa gipsum dari industri TiO_2 .