

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

**MICROWAVE PYROLYSIS CONVERSION OF SHRIMP SHELL WASTE
INTO BIOCHAR FOR LANDFILL WASTEWATER TREATMENT**

MENG LINGBO

FEBRUARY 2025

Main Supervisor : Professor Ts. Lam Su Shiung, PhD

Co-supervisor : Professor Peng Wanxi, PhD

Peter Yek Nai Yuh, PhD

Faculty/Institute : Institute of Tropical Aquaculture and Fisheries

Shrimp shell waste (SSW) is a ubiquitous by-product of seafood processing whose improper disposal can disrupt terrestrial and aquatic ecosystems. Accordingly, objective 1 of this study is to examine the thermal behaviour and chemical composition of SSW to establish its suitability as a feedstock for thermochemical conversion. This is followed by objective 2 to convert SSW into biochar via a single-mode microwave pyrolysis reactor and to optimize processing parameters specifically irradiation powers of 500 W, 700 W and 900 W. Then, the resulting SSW-derived biochar in treating landfill leachate wastewater (LW) was evaluated in objective 3. For methodology, SSW was characterised by Thermogravimetric analysis (TGA) coupled with Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and pyrolysis integrated with gas chromatography–mass spectrometry (PY–GCMS) to examine the suitability of SSW as pyrolysis feedstock. After that, single-mode microwave pyrolysis system was developed to convert SSW into biochar at different microwave power (500W, 700W and 900W). The biochar derived from SSW was further applied as adsorbent for landfill leachate treatment. TGA–FTIR revealed that primary devolatilization occurs between 400 °C and 700 °C, during which CO₂, CO and CH₄ are the dominant evolved gases. PY–GCMS conducted at 900 °C with a heating rate of 30 °C min⁻¹ demonstrated that hydrocarbon species account for approximately 37.3 wt % of the gaseous products,

thereby confirming the feedstock's potential for high-value by-product recovery and informing the optimal pyrolysis conditions required to achieve Objective 1. Building on these findings, under 500 W irradiation, the process yielded the highest carbon retention (50 wt %), whereas treatment at 900 W produced biochar with a maximized Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface area of $23 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Batch adsorption trials demonstrated that the optimized biochar achieved biochemical oxygen demand (BOD) removal capacities of $15\text{--}64 \text{ mg g}^{-1}$ and chemical oxygen demand (COD) uptakes of $177\text{--}210 \text{ mg g}^{-1}$. In summary, the study demonstrates that microwave pyrolysis can transform SSW into a cost-effective adsorbent for wastewater remediation.

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

**PIROLISIS GELOMBANG MIKRO SISA KULIT UDANG KE DALAM
BIOCHAR UNTUK RAWATAN AIR SISA TAPAK PELUPUSAN**

MENG LINGBO

FEBRUARI 2025

Penyelia Utama : Profesor Ts. Lam Su Shiung, Ph.D
Penyelia Bersama : Profesor Peng Wanxi, Ph.D
Peter Yek Nai Yuh, Ph.D
Fakulti/Institut : Institut Akuakultur Tropika dan Perikanan

Sisa kulit udang (SSW) merupakan hasil sampingan yang meluas daripada pemprosesan makanan laut dan pelupusan yang tidak terkawal boleh mengganggu ekosistem darat dan akuatik. Sehubungan itu, Objektif 1 kajian ini adalah untuk mengkaji tingkah laku terma dan komposisi kimia SSW bagi menilai kesesuaiannya sebagai bahan asas untuk penukaran termokimia. Ini diikuti oleh objektif 2 adalah untuk menukarkan SSW kepada biochar menggunakan reaktor pirolisis gelombang mikro mod tunggal dan mengoptimumkan parameter pemprosesan, khususnya kuasa gelombang mikro pada tahap 500 W, 700 W dan 900 W. Oleh itu, kecekapan biochar terbitan SSW dalam rawatan air lindi pelupusan (LW) dinilai sebagai objektif 3. Bagi metodologi, Analisis Termogravimetri (TGA) dipadankan dengan Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR) dan gabungan Pirolisis dengan Analisis Kromatografi Gas–Spektrometri Jisim (PY–GCMS) telah digunakan untuk menilai kesesuaiannya SSW sebagai bahan asas untuk penukaran termokimia. Selepas itu, sistem pirolisis gelombang mikro mod tunggal telah dibina untuk menukar SSW kepada biochar pada kuasa gelombang mikro yang berbeza (500 W, 700 W dan 900 W). Biochar yang dihasilkan daripada SSW telah digunakan sebagai penjerap untuk merawat air sisa. TGA–FTIR mendedahkan bahawa devolatilasi utama berlaku antara suhu 400 °C hingga 700 °C, di mana gas terbitan yang dominan adalah CO₂, CO dan

CH₄. PY–GCMS dijalankan pada 900 °C dengan kadar pemanasan 30 °C min⁻¹ menunjukkan bahawa spesies hidrokarbon merangkumi kira-kira 37.3 wt % daripada produk gas, sekaligus mengesahkan potensi SSW untuk pemulihan produk tambahan bernilai tinggi dan membimbing penentuan syarat pirolisis optimal yang diperlukan untuk mencapai Objective 1. Berdasarkan pencarian ini, proses ini mencapai pulangan karbon tertinggi sebanyak 50 wt % di bawah penyinaran 500 W, manakala rawatan pada 900 W menghasilkan biochar dengan luas permukaan Brunauer–Emmett–Teller (BET) maksimum sebanyak 23 m² g⁻¹. Ujian penjerapan secara berkumpulan menunjukkan bahawa biochar teroptimum mencapai keupayaan pengurangan Biochemical Oxygen Demand (BOD) sebanyak 15–64 mg g⁻¹ dan Chemical Oxygen Demand (COD) antara 177–210 mg g⁻¹. Kajian ini menunjukkan bahawa pirolisis gelombang mikro mampu mengubah SSW menjadi penjerap kos efektif untuk penambahbaikan air sisa.