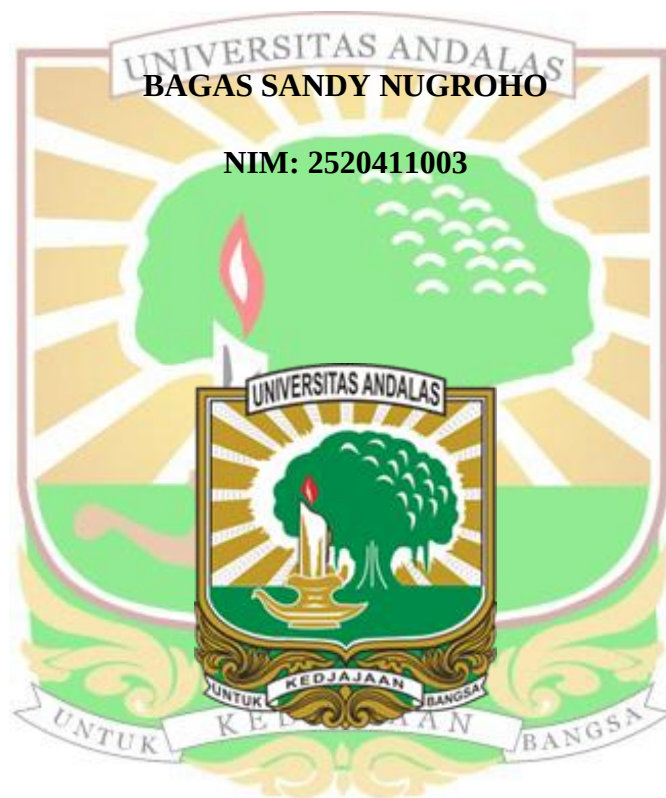


**MODIFIKASI BIJI ALPUKAT DENGAN BUBUK PUPA *BLACK SOLDIER*
FLY UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PENYERAPAN ZAT
WARNA *CRYSTAL VIOLET***

TESIS



BAGAS SANDY NUGROHO

NIM: 2520411003

Dosen Pembimbing I : Prof. Rahmiana Zein, Ph.D

Dosen Pembimbing II : Prof. Dr. Refilda, M.S.

**PROGRAM STUDI MAGISTER
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS**

2026

MODIFIKASI BIJI ALPUKAT DENGAN BUBUK PUPA *BLACK SOLDIER FLY* UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PENYERAPAN ZAT WARNA *CRYSTAL VIOLET*

Oleh: Bagus Sandy Nugroho (2520411003)

(Dibimbing oleh: Prof. Rahmiana Zein, Ph.D dan Prof. Dr. Refilda, M.S.)

Abstrak

Pencemaran air akibat limbah zat warna sintesis seperti *Crystal Violet* (CV) menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan teknologi pengolahan limbah yang efektif dan berkelanjutan. Biji alpukat merupakan limbah agroindustri yang berpotensi menjadi biosorben karena mengandung lignoselulosa dengan gugus fungsi hidroksil, karbonil, dan karboksil. Penelitian ini bertujuan memodifikasi biosorben biji alpukat (BA) menggunakan pupa *Black Soldier Fly* (BA-BSF) yang kaya akan protein dan kitin sebagai sumber gugus fungsi hidroksil, karboksil dan amina guna meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna CV. Biosorben dikarakterisasi menggunakan FTIR, SEM-EDX, XRF, TGA, dan BET, serta dievaluasi melalui optimasi kondisi penyerapan, studi isoterm, kinetika, termodinamika, *reusability*, dan aplikasi pada limbah laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa modifikasi BA dengan pupa BSF dengan perbandingan 1:1 memberikan kinerja terbaik dengan kapasitas penyerapan 122,64 mg/g. Nilai pH_{pzc} BA dan BA-BSF masing-masing sebesar 6,1 dan 6,7. Kondisi optimum penyerapan menggunakan metode OFAT untuk BA diperoleh pada pH 7, konsentrasi awal 1100 mg/L, waktu kontak 60 menit, dan suhu pemanasan 75°C, dengan kapasitas penyerapan sebesar 97,66 mg/g. Sementara itu, BA-BSF optimum pada pH 8, konsentrasi awal 1500 mg/L, waktu kontak 45 menit, dan suhu pemanasan 100°C, dengan kapasitas penyerapan sebesar 163,85 mg/g. Optimasi menggunakan metode RSM-BBD menghasilkan kapasitas penyerapan maksimum sebesar 102,92 mg/g untuk BA dan 169,11 mg/g untuk BA-BSF. Karakterisasi menunjukkan bahwa modifikasi biji alpukat dengan pupa BSF meningkatkan jumlah gugus fungsi aktif, luas permukaan, dan perkembangan struktur pori, sehingga memperkuat interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, serta interaksi π - π dengan molekul CV. Studi *reusability* menunjukkan bahwa biosorben masih mempertahankan efisiensi adsorpsi di atas 90% hingga 4 siklus regenerasi menggunakan metanol dan asam asetat. Secara keseluruhan, biosorben BA-BSF berpotensi menjadi adsorben berbiaya rendah dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah yang mengandung zat warna CV.

Kata Kunci: biji alpukat, *Black Soldier Fly*, biosorpsi, *crystal violet*, RSM-BBD, *reusability*.

MODIFICATION OF AVOCADO SEED USING BLACK SOLDIER FLY PUPAE POWDER FOR ENHANCED CRYSTAL VIOLET DYE ADSORPTION CAPACITY

by: Bagas Sandy Nugroho (2520411003)

(Supervised by: Prof. Rahmiana Zein, Ph.D and Prof. Dr. Refilda, M.S.)

Abstract

Water pollution from synthetic dye waste, such as Crystal Violet (CV), is an environmental issue that requires effective, sustainable waste-treatment technologies. Avocado seeds are an agroindustrial waste product with potential as a biosorbent because they contain lignocellulose with hydroxyl, carbonyl, and carboxyl functional groups. This study aims to modify avocado seed (AS) using Black Soldier Fly (BSF) pupae, which are rich in protein and chitin and provide hydroxyl, carboxyl, and amine functional groups, to enhance CV adsorption capacity. The biosorbents were characterised using FTIR, SEM-EDX, XRF, TGA, and BET, and evaluated by optimising adsorption conditions and conducting isotherm, kinetics, thermodynamics, reusability, and laboratory waste application studies. The results showed that modifying BA with BSF pupae at a 1:1 ratio yielded the best performance, with an adsorption capacity of 122.64 mg/g. The pH_{pzc} values for BA and BA-BSF were 6.1 and 6.7, respectively. The optimum adsorption conditions for BA, determined using the OFAT method, were achieved at pH 7, an initial concentration of 1100 mg/L, a contact time of 60 minutes, and a heating temperature of 75°C, with an adsorption capacity of 97.66 mg/g. Meanwhile, the optimum conditions for BA-BSF were pH 8, an initial concentration of 1500 mg/L, a contact time of 45 minutes, and a heating temperature of 100°C, with an adsorption capacity of 163.85 mg/g. Optimisation using the RSM-BBD method yielded a maximum adsorption capacity of 102.92 mg/g for BA and 169.11 mg/g for BA-BSF. Characterisation showed that the modification of avocado seeds with BSF pupae increased the number of active functional groups, surface area, and pore structure development, thereby enhancing electrostatic interactions, hydrogen bonding, and π - π interactions with CV molecules. Reusability studies showed that the biosorbent retained over 90% adsorption efficiency through four regeneration cycles using methanol and acetic acid. Overall, the BA-BSF biosorbent has the potential to serve as a low-cost, environmentally friendly adsorbent for treating waste containing CV dyes.

Keywords: avocado seeds, Black Soldier Fly, biosorption, crystal violet, RSM-BBD, reusability.