

PENGENTAL BERASASKAN TUMBUHAN

APLIKASI & PRESTASI

DALAM EFLUEN KOPI

PENGENTAL BERASASKAN TUMBUHAN

APLIKASI & PRESTASI DALAM EFLUEN KOPI

**RADHIATUL ATIQA RAMLI SHAH
SITI ROZAIMAH SHEIKH ABDULLAH
NUR 'IZZATI ISMAIL**

PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI • 2024
www.ukm.my/penerbit

Cetakan Pertama / *First Printing*, 2024
Hak Cipta / *Copyright* Universiti Kebangsaan Malaysia, 2024

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada terbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan ke dalam sebarang bentuk atau dengan sebarang alat juga pun, sama ada dengan cara elektronik, gambar serta rakaman dan sebagainya tanpa kebenaran bertulis daripada Penerbit UKM terlebih dahulu.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Penerbit UKM.

Diterbitkan di Malaysia oleh / *Published in Malaysia by*
PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA
www.ukm.my/penerbit
e-mel: penerbit@ukm.edu.my

Penerbit UKM adalah anggota / *is a member of the*
MAJLIS PENERBITAN ILMIAH MALAYSIA /
MALAYSIAN SCHOLARLY PUBLISHING COUNCIL
PERSATUAN PENERBIT BUKU MALAYSIA /
MALAYSIAN BOOK PUBLISHERS ASSOCIATION
No. Ahli / *Membership No.* 198302

Atur huruf oleh / *Typeset by*
PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA

Dicetak di Malaysia oleh / *Printed in Malaysia by*
MASSA CREATIVE ENTERPRISE
Back side of GF-03A, Menara Paragon, Persiaran Bestari,
Cyber 11, 63000 Cyberjaya, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-629-486-307-1

Kandungan

Senarai Jadual & Rajah ... 7

Senarai Simbol ... 13

Prakata ... 17

BAB 1 Pemprosesan Kopi: Dari Biji ke Pengurusan Sisa ... 19

BAB 2 Industri Kopi Global ... 28

BAB 3 Rawatan Efluen Industri ... 53

BAB 4 Agen Pengental Berasaskan Tumbuhan ... 94

BAB 5 Prestasi Penyingkiran Pepejal Terampai ... 125

BAB 6 Mekanisme Pengentalan-penggumpalan ... 160

BAB 7 Pengental Semulajadi & Peluang Penerokaan Masa
Hadapan ... 180

Rujukan ... 189

Indeks ... 204

Senarai Jadual & Rajah

JADUAL 2.1	Pencirian efluen industri kopi daripada penerokaan lepas dan perbandingannya dengan Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Efluen Perindustrian) 2009 ...	37
JADUAL 2.2	Teknologi rawatan terdahulu dalam merawat efluen industri kopi ...	42
JADUAL 2.3	Prestasi rawatan dalam merawat efluen industri kopi ...	45
JADUAL 3.1	Kebaikan dan keburukan berdasarkan jenis-jenis pengental/penggumpal ...	61
JADUAL 3.2	Prestasi rawatan semasa penerokaan terdahulu dalam merawat air sisa menggunakan pengental/penggumpal asli ...	65
JADUAL 3.3	Kandungan sebatian dan kumpulan berfungsi di dalam pelbagai tumbuhan yang digunakan sebagai biopengental/penggumpal ...	72
JADUAL 3.4	Teknik pengekstrakan bahan aktif dalam tumbuhan ...	75
JADUAL 3.5	Prosedur penentuan kandungan protein serta kebaikan dan kelemahannya ...	80
JADUAL 3.6	Prosedur penentuan kandungan polisakarida serta kebaikan dan kelemahannya ...	88
JADUAL 4.1	Ciri-ciri fizikokimia efluen dari industri pemprosesan kopi di Pulau Pinang, Malaysia ...	95
JADUAL 4.2	Penerokaan kepekatan NaOH sebagai pelarut pilihan ...	105
JADUAL 4.3	Perbandingan kandungan bahan aktif dengan eksplorasi terdahulu ...	108
JADUAL 4.4	Kriteria serta alatan yang digunakan bagi proses pengenalpastian ...	111
JADUAL 5.1	Peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan dari larian RSM peringkat pertama ...	130

JADUAL 5.2	Kesesuaian model terhadap peritus penyingkiran TSS dan kekeruhan dari larian RSM peringkat pertama ...	131
JADUAL 5.3	Penilaian ANOVA terhadap model kuadratik peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	131
JADUAL 5.4	Penilaian penemuan ANOVA terhadap model kuadratik peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	132
JADUAL 5.5	Penyelesaian terhadap pengoptimuman peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	135
JADUAL 5.6	Peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan dari larian RSM peringkat kedua ...	136
JADUAL 5.7	Rumusan kesesuaian model terhadap penyingkiran TSS dan kekeruhan pada RSM peringkat kedua ...	137
JADUAL 5.8	Penilaian ANOVA terhadap model kuadratik peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan RSM peringkat kedua ...	137
JADUAL 5.9	Penilaian penemuan ANOVA terhadap model kuadratik peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan dalam RSM peringkat kedua ...	139
JADUAL 5.10	Penyelesaian terhadap pengoptimuman peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	140
JADUAL 5.11	Perbandingan keadaan optimum yang dicadangkan dengan larian pengesahan terhadap peratus penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	143
JADUAL 5.12	Keadaan optimum dalam rawatan efluen kopi menggunakan biopengental asli ...	145
JADUAL 5.13	Pencirian efluen industri kopi sebelum dan selepas rawatan dan perbandingannya dengan eksplorasi lepas serta Peraturan-Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Efluen Perindustrian) 2009 ...	146
JADUAL 5.14	Julat dos berdasarkan eksplorasi lepas ...	151
JADUAL 5.15	Julat pH berdasarkan eksplorasi lepas ...	152
JADUAL 5.16	Faktor dan tahap BBD dalam RSM peringkat pertama ...	154

JADUAL 5.17	Pengoperasian optimum bagi penerokaan terdahulu ... 156
JADUAL 5.18	Faktor dan tahap dalam RSM peringkat kedua menggunakan BBD ... 157
JADUAL 6.1	Penilaian FTIR bagi biopengental ... 162
JADUAL 6.2	Penilaian ion bercas bagi biopengental ... 164
JADUAL 6.3	Pengamatan SEM bagi daun <i>M. esculenta</i> ... 165
JADUAL 6.4	Penilaian EDX terhadap permukaan biopengental ... 167
JADUAL 6.5	Penelitian keupayaan zeta dan taburan saiz zarah terhadap efluen kopi ... 168
JADUAL 6.6	Pengamatan SEM bagi pepejal terampai pada keadaan efluen yang berbeza ... 171
JADUAL 6.7	Penilaian EDX terhadap efluen industri kopi ... 172
RAJAH 1.1	Sistem keseluruhan rawatan lestari dengan konsep perlepasan sifar sisa ... 21
RAJAH 1.2	Carta alir bagi keseluruhan eksplorasi ... 25
RAJAH 2.1	Gambar rajah skema bagi pemprosesan kopi ... 35
RAJAH 2.2	Gambar rajah skema bagi rawatan konvensional bagi efluen kopi ... 38
RAJAH 2.3	Gambar rajah skema bagi rawatan elektrokimia bagi efluen kopi ... 39
RAJAH 2.4	Gambar rajah skema bagi rawatan fitoremediasi bagi efluen kopi ... 41
RAJAH 3.1	Gambaran proses rawatan pengentalan-penggumpalan bagi efluen kopi ... 54
RAJAH 3.2	Mekanisme proses pengentalan-penggumpalan ... 55
RAJAH 3.3	Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengentalan-penggumpalan ... 58
RAJAH 3.4	Jenis-jenis pengental/penggumpal ... 59
RAJAH 3.5	Tumbuhan tempatan yang dipilih untuk menentukan potensinya sebagai biopengental/penggumpal terbaik ... 70
RAJAH 3.6	Komponen utama dalam biopengental-penggumpal ... 73

RAJAH 3.7	Teknik pengekstrakan bahan aktif daripada tumbuhan ... 74
RAJAH 3.8	Prosedur penentuan kandungan protein ... 77
RAJAH 3.9	Prosedur penentuan polisakarida ... 87
RAJAH 4.1	Kandungan protein dan polisakarida dalam tumbuhan terpilih menunjukkan perbezaan ketara dan tidak ketara antara ketiga-tiga tumbuhan pada kepekatan yang sama ... 98
RAJAH 4.2	Kandungan bahan aktif dalam tumbuhan terpilih yang diekstrak oleh pelarut NaOH merujuk kepada perbezaan bahan aktif pada kepekatan pelarut berbeza, dan kepada perbezaan pada kepekatan biopengental yang sama ... 100
RAJAH 4.3	Kandungan bahan aktif dalam tumbuhan terpilih yang diekstrak oleh pelarut NaCl merujuk kepada perbezaan bahan aktif pada kepekatan pelarut berbeza, dan perbezaan pada kepekatan biopengental yang sama ... 102
RAJAH 4.4	Perbandingan kandungan bahan aktif tertinggi dalam tumbuhan terhadap jenis larutan yang berbeza ... 104
RAJAH 4.5	Penyingkiran kekeruhan efluen kopi terhadap masa penenapan ... 106
RAJAH 4.6	Prestasi tumbuhan (a) <i>M. esculenta</i> dan (b) <i>P. sarmentosum</i> dalam penyingkiran TSS terhadap kaolin ... 107
RAJAH 4.7	Langkah-langkah pemilihan dan pengenalpastian bahan aktif dalam daun tumbuhan sebagai agen pengental/ penggumpal semula jadi ... 109
RAJAH 4.8	Efluen kopi ... 110
RAJAH 4.9	Struktur daun dari segar sehingga bentuk serbuk ... 116
RAJAH 4.10	Prosedur pengekstrakan bahan aktif ... 117
RAJAH 4.11	Prosedur penentuan kuantiti protein ... 120

RAJAH 4.12	Lengkuk piawai bagi penentuan kuantiti protein ...	120
RAJAH 4.13	Prosedur penentuan kuantiti polisakarida ...	121
RAJAH 4.14	Lengkuk piawai bagi penentuan kuantiti polisakarida ...	122
RAJAH 5.1	Pengaruh dos dalam penyingkiran (a) TSS dan (b) kekeruhan. Huruf yang berbeza (A-B-C-D-E) menunjukkan perbezaan ketara dalam penyingkiran TSS dan kekeruhan antara dos yang berbeza ($p<0.05$) ...	127
RAJAH 5.2	Pengaruh pH dalam penyingkiran (a) TSS dan (b) kekeruhan. Huruf yang berbeza (A-B-C-D-E) menunjukkan perbezaan ketara dalam penyingkiran TSS dan kekeruhan antara dos yang berbeza ($p<0.05$) ...	129
RAJAH 5.3	Hubung kait antara faktor dos dan pH terhadap penyingkiran TSS ...	134
RAJAH 5.4	Hubung kait antara faktor dos dan pH terhadap penyingkiran kekeruhan ...	134
RAJAH 5.5	Penyelesaian pada keboleHINGINAN tertinggi (0.892) ...	135
RAJAH 5.6	Penyelesaian pada keboleHINGINAN tertinggi RSM peringkat kedua (0.821) ...	141
RAJAH 5.7	Hubung kait antara faktor RMS dan SMT terhadap penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	141
RAJAH 5.8	Hubung kait antara faktor RMS dan ST terhadap penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	142
RAJAH 5.9	Hubung kait antara faktor SMT dan ST terhadap penyingkiran TSS dan kekeruhan ...	142
RAJAH 5.10	Perbandingan hasil keadaan optimum menggunakan agen pengental yang berbeza ...	144
RAJAH 5.11	Carta alir untuk mencapai objektif kedua dalam menentukan cara operasi terbaik bagi meningkatkan penyingkiran TSS dalam efluen industri kopi menggunakan biopengental yang terpilih ...	148

- RAJAH 5.12 Rangkuman eksplorasi menggunakan prosedur
OVaT ... 150
- RAJAH 5.13 Prosedur penyediaan ujian jar ... 150
- RAJAH 6.1 Hasil penelitian FTIR bagi mengetahui kumpulan
berfungsi dalam *M. esculenta* ... 161
- RAJAH 6.2 Stomata pada permukaan bawah *M. esculenta* (1500x
pembesaran) ... 166
- RAJAH 6.3 Gambaran skematik keupayaan zarah ... 169
- RAJAH 6.4 Carta alir dalam mencapai objektif terakhir dengan
menentukan mekanisme dalam proses pengentalan-
penggumpalan bagi peningkatan penyingkiran pepejal
terampai ... 174
- RAJAH 6.5 Carta alir penyediaan bahan untuk SEM-EDX ... 177
- RAJAH 6.6 Aktiviti pengentalan dan penggumpalan ... 178
- RAJAH 7.1 Ringkasan eksplorasi pengental berasaskan
tumbuhan ... 183
- RAJAH 7.2 Peluang penerokaan bagi biopengental berasaskan
tumbuhan ... 186

Senarai Simbol

ADMI	American Dye Manufacturers' Institute
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Aluminium sulfat
AlCl_3	Aluminium klorida
ANOVA	Analisis varians
ANSF	Pengasidan-peneutralan-pemendakan- penapisan
BBD	Reka Bentuk Box Behnken
BCA	Cerakin asid Bicinchoninic
BOD	Keperluan oksigen biokimia
C	Karbon
Ca	Kalsium
CaCl_2	Kalsium klorida
CAGR	Kadar pertumbuhan tahunan kompaun
CBB	Pewarna Coomassie G-250
COD	Keperluan oksigen kimia
Cu	Kuprum
Da	Dalton
DC	Arus terus
DLS	Dynamic Light Scattering
DNA	Asid deoksiribonukleik
DNS	Asid dinitrosalisilik
EDTA	Etilena diamina tetraaseti
EDX	Spektroskopi sinar-X sebaran tenaga
EGSB	Bioreaktor lapisan enap cemar granular berkembang
Fe	Ferum
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Ferum (III) sulfat
FeCl_3	Ferum klorida
FeSO_4	Ferus sulfat

FKAB	Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
FTIR	Spektroskopi transformasi fourier inframerah
GC-MS	Kromatografi gas spektrometri jisim
H ₂ SO ₄	Asid sulfurik
HCl	Hidrogen klorida
HPLC	Kromatografi cecair prestasi tinggi
K	Kalium
KCl	Kalium klorida
LC-NMR	Kromatografi cecair–resonans magnet nucleus
LPSA	Penganalisis saiz zarah laser
Mg	Magnesium
N	Nitrogen
NaAlO ₂	Natrium aluminat
NaCl	Natrium klorida
NaCl	Natrium klorida
NaOH	Natrium hidroksida
NH ₃ -N	Nitrogen-ammonia
NH ₃	Ammonia
NPSA	Penganalisis saiz zarah nano
NTU	Unit kekeruhan nefelometrik
O	Oksigen
OVaT	Satu pemboleh ubah pada satu masa
PAC	Poli-aluminium klorida
PAM	Poliakrilamida
P-P	Pengentalan-penggumpalan
ppm	Bahagian per juta
Pt-Co	Platinum-Kobalt
RM	Ringgit Malaysia
RMS	Kelajuan pengadukan laju
RMT	Masa pengadukan laju
RNA	Asid ribonukleik

rpm	Putaran per minit
RSM	Gerak balas permukaan
SBR	Reaktor kelompok penjujukan
SD	Sisihan piawai
SDG	Matlamat Pembangunan Mampan
SEM	Mikroskop elektron pengimbasan
SMS	Kelajuan pengadukan perlahan
SMT	Masa pengadukan perlahan
ST	Masa pengenapan
TN	Jumlah nitrogen
TP	Jumlah fosforus
TSS	Jumlah pepejal terampai
UASB	Reaktor lapisan enap cemar anaerobik aliran atas
UK	United Kingdom
UKM	Universiti Kebangsaan Malaysia
UN	Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu
USA	Amerika Syarikat
USD	Dolar Amerika Syarikat
UV	Ultraviolet
WHO	Pertubuhan Kesihatan Dunia

Prakata

Segala puji bagi Allah S.W.T. Tuhan semesta alam. Syukur ke hadrat Allah S.W.T. kerana memberikan kami kesihatan yang baik, masa, dan kematangan fikiran dalam menyiapkan buku yang berbentuk ilmiah sains bertajuk “Pengental Berasaskan Tumbuhan: Aplikasi dan Prestasi dalam Efluen Kopi”. Penulisan buku ini merupakan adaptasi daripada tesis peringkat Sarjana yang bertajuk “Proses Pengentalan-penggumpalan Efluen Industri Kopi Menggunakan Biopengental Berasaskan Tumbuhan”. Buku ini mengupas secara terperinci berlandaskan fakta-fakta teori dan hasil kajian semasa. Kandungan buku ini sangat sesuai digunakan sebagai sumber rujukan oleh mana-mana pihak atau individu yang cenderung untuk menggunakan tumbuhan sebagai agen nyah cemar air sisa industri. Semoga dengan perkongsian ilmu ini membuka mata pembaca mengenai potensi teknologi hijau dalam merawat medium yang tercemar.

Ucapan terima kasih juga kami huluskan buat ahli keluarga tercinta yang banyak memberikan sokongan dan dorongan dalam menyempurnakan buku ini. Jutaan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) yang telah menyediakan kemudahan bagi menjalankan kajian ini. Tidak lupa juga setinggi-tinggi penghargaan buat Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina (FKAB), UKM yang telah menyokong kami seawal proses penulisan buku ini melalui Halim Razali Strategic Theory (HRST) Profesional Expert sehingga penerbitan buku ini. Tidak lupa juga kepada geran penyelidikan DIP-2021-002 dan TAP-K006434 yang telah banyak menyumbang dari segi kewangan sepanjang tempoh kajian dan juga penerbitan buku ini.

*Radhiatul Atiqah Ramli Shah
Siti Rozaimah Sheikh Abdullah
Nur 'Izzati Ismail*

