

PENGGKOMPONAN: Prinsip, Teknik dan Amalan

Penyunting
Abu Zahrim Yaser
Mohd Armi Abu Samah



PENGGKOMPOSAN:

Prinsip, Teknik dan Amalan



Asesor. Prof.

Dr. Mohd Anis

PENGGKOMPUSAN:

Prinsip, Teknik dan Amalan

Penyunting
**Abu Zahrim Yaser
Mohd Armi Abu Samah**

PENERBIT UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Kota Kinabalu • Sabah • Malaysia

<http://www.ums.edu.my>

2022

Ahli Majlis Penerbitan Ilmiah Malaysia (MAPIM)

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada terbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau dikeluarkan ke dalam sebarang bentuk sama ada dengan cara elektronik, gambar serta rakaman dan sebagainya tanpa kebenaran bertulis daripada Penerbit Universiti Malaysia Sabah, kecuali seperti yang diperuntukkan dalam Akta 332, Akta Hak Cipta 1987. Keizinan adalah tertakluk kepada pembayaran royalti atau honorarium.

Segala kesahihan maklumat yang terdapat dalam buku ini tidak semestinya mewakili atau menggambarkan pendirian mahupun pendapat Penerbit Universiti Malaysia Sabah. Pembaca atau pengguna buku ini perlu berusaha sendiri untuk mendapatkan maklumat yang tepat sebelum menggunakan sebarang maklumat yang terkandung di dalamnya. Pandangan yang terdapat dalam buku ini merupakan pandangan ataupun pendapat penulis dan tidak semestinya menunjukkan pendapat atau polisi Universiti Malaysia Sabah. Penerbit Universiti Malaysia Sabah tidak akan bertanggungjawab terhadap sebarang masalah mahupun kesulitan yang timbul, sama ada secara menyeluruh atau sebahagian, yang diakibatkan oleh penggunaan atau kebergantungan pembaca terhadap kandungan buku ini.

Perpustakaan Negara Malaysia

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

PENGGAMBARAN : Prinsip, Teknik dan Amalan/ Penyunting Abu Zahrim Yaser,
Mohd Armi Abu Samah.

ISBN 978-967-2738-51-0

1. Compost.
 2. Compost industry.
 3. Government publications--Malaysia.
- I. Abu Zahrim Yaser, 1976-. II. Mohd Armi Abu Samah, 1982-.
631.875

Muka taip teks:	Swis721 Cn BT
Saiz taip teks dan <i>leading</i> :	11/14 poin
Reka letak kulit dan halaman:	Rosalind Ganis
Pembaca prof:	Alecia Angati
Editor:	Ainun Jamil
Diterbitkan oleh:	Penerbit Universiti Malaysia Sabah Tingkat Bawah, Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah Jalan UMS 88400 Kota Kinabalu, Sabah. https://umspress.com.my/
Dicetak oleh:	Gayawara Sdn. Bhd. No. 2, Jalan Nountun, Kg. Bambangan, Inanam Tingkat Bawah, Wisma Capital 88450 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

Kandungan

	Muka Surat
Senarai Rajah	viii
Senarai Jadual	xiii
Kata Pengantar	xv
Prakata	xvi
BAB 1 Pengenalan <i>Abu Zahrim Yaser</i>	1
BAB 2 Penjanaan Sisa Organik di Malaysia <i>Shahrul Ismail, Mustafa Man, Syafi'ah Nadhiah Mohd Said, Mohd Azhar Zain, Isma Fatin Nabilah Ismail, Mohd Taufik Muhammad & Noor Azrimi Umor</i>	6
BAB 3 Prinsip Asas Pengkomposan <i>Junidah Lamaming & Abu Zahrim Yaser</i>	19
BAB 4 Kaedah Sistem Pengkomposan Sisa Makanan Secara Bersepadu <i>Mohd Armi Abu Samah & Afiza Abdullah Suhaimi</i>	35
BAB 5 Sistem Pengkomposan Sisa Makanan di Rumah Menggunakan Mikroorganisma Efektif dan Teknologi Mekanikal <i>Tuan Noor Hasanah Tuan Ismail, Halimatus Sa'adiyah Mohamed Raimi & Muhammad Ammar Abdul Talib</i>	52
BAB 6 Peranan Mikrob dalam Pengkomposan Sisa Makanan <i>Sharifah Norkhadijah Syed Ismail & Siti Aminah Ab Muttalib</i>	69

BAB 7	Teknik Pengkomposan Jepun: EM-Bokashi <i>Muhammad Bukhari Rosly, Nurhamieza Md Huzir Mohd Hidayat Hussin, Azlan Nur Rasyid Amin Abd Halim Md Ali, Masafumi Goto & Pramila Tamunaidu</i>	80
BAB 8	Teknik Pengkomposan Jepun: Takakura Home Method <i>Nurhamieza Md Huzir, Azlan Nur Rasyid Amin, Muhammad Bukhari Rosly, Mohd Hidayat Hussin, Abd Halim Md Ali, Masafumi Goto & Pramila Tamunaidu</i>	98
BAB 9	Kesan Enzim dan Aditif Terhadap Pengkomposan <i>Mariani Rajin, Sariah Saalah, Abu Zahrim Yaser, Muhammad Izhuddin Rosdin, Olivia Mayang anak Endu, Asron Sunin & Kelvin Lim Jin Ming</i>	116
BAB 10	Vermikompos: Kajian Kadar Pereputan dan Kandungan Nutrien pada Bahan Berbeza <i>Normah Awang Besar, Ag Ahmad Mohd Yunus & Habibi Mustakim</i>	134
BAB 11	Pengkomposan Hampas Teh Menggunakan Cacing Pengkompos <i>Ag Ahmad Mohd Yunus & Normah Awang Besar</i>	148
BAB 12	Penghasilan Baja Organik Tinja Kumbang: Suatu Kaedah Baharu dalam Industri <i>Razipin Gutuk</i>	159
BAB 13	Pengalaman Projek Pengkomposan Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Tamparuli <i>Ernest Kelly Subin, Farrah Wong Hock Tze & Sariah Abang</i>	175
BAB 14	Amalan Pengkomposan dalam Industri Cendawan <i>Noor Azrimi Umor, Azhar Mohamad, Muhammad Huzaifah Mohd Roslim & Shahrul Ismail</i>	192

BAB 15	Pengkomposan Sisa Sayuran di Kundasang	203
	<i>Noorafizah Murshid, Habib Musa Mohamad, Mariani Rajin, Sariah Saalah, Junidah Lamaming, Mohd Al Mussa Ugak & Abu Zahrim Yaser</i>	
BAB 16	Baja Organik Tinja Kelawar	229
	<i>Melior Mohd. Daud</i>	
BAB 17	Kinetik Pengkomposan	247
	<i>Mohd Al Mussa Ugak, Nur Aqeela Syuhadah Aji, Farrah Wong Hock Tze, Sariah Abang & Abu Zahrim Yaser</i>	
BAB 18	Smart Composting Machine (SCM) Bagi Pengurusan Sisa Domestik dengan Adaptasi Teknologi IoT	269
	<i>Mustafa Man, Shahrul Ismail, Wan Aezwani Wan Abu Bakar & Mohd Kamir Yusof</i>	
BAB 19	Transformasi Sisa Makanan melalui Pencernaan Anaerobik dan Pengkomposan: Model Ekonomi Kitaran	281
	<i>Sumiani Yusoff, Ng Chee Guan, Nur Shakirah Kamarul Zaman, Shakira Kamaruzaman & Mairuz Asmarafariza Azlan</i>	
BAB 20	Model Pengkomposan Sisa Organik kepada Tenaga Bio	298
	<i>Sharifah Norkhadijah Syed Ismail & Josfirin Uding Rangga</i>	
BAB 21	Penutup	310
	<i>Abu Zahrim Yaser, Mohd Armi Abu Samah Mohd Al Mussa Ugak & Junidah Lamaming</i>	
Senarai Penyumbang		314
Indeks		318

Senarai Rajah

Rajah	Muka Surat
2.1 Sisa perbandaran di kawasan pembuangan sampah	8
2.2 Sisa pertanian Malaysia sepanjang tahun (juta tan)	10
3.1 Contoh proses dalam pengkomposan BSF	30
4.1 Sistem proses kompos yang lebih cepat dan bersepadu	40
4.2 Sistem Takakura di Malaysia	41
5.1 Nilai pH larutan penapaian	58
5.2 Pembentukan kulat dalam campuran mikroorganisma penapaian dan agen pengaktif mikro selepas 5 hari	59
6.1 Produk EM seramik (a) K-Type Ceramics, (b) EM-X Ceramic Pipe dan (c) EM Sosei C	72
7.1 Carta alir sistem EM-Bokashi	82
7.2 Ilustrasi lengkap EM-Bokashi	87
7.3 Langkah penyediaan kompos Bokashi	89
8.1 Peralihan mikroorganisma dalam teknik THM	101
8.2 Langkah 1 - Penyediaan larutan penapaian garam	105
8.3 Langkah 2 - Penyediaan larutan penapaian gula	105
8.4 Langkah 3 - Penyediaan media penapaian (<i>fermenting bed</i>)	106
8.5 Langkah 4 - Penyediaan medium pengurai (<i>seed compost</i>)	106
8.6 Langkah 1 - Penyediaan cecair penapaian	107
8.7 Langkah 2 - Penyediaan medium pengurai	108
8.8 Langkah 3 - Penyediaan bakul kompos	108
8.9 Langkah 4 - Proses pengkomposan sisa makanan	109
10.1 Bekas tong yang digunakan	137
10.2 Tinja kambing (kiri) dan daun kering (kanan)	137
10.3 Daun kering yang telah dicincang menggunakan mesin pencincang (<i>shredder</i>)	138
10.4 Cacing tanah jenis <i>Eudrilus eugeniae</i>	138
10.5 Daun kering dan tinja kambing dimasukkan ke dalam tong kompos mengikut nisbah rawatan pada Jadual 10.1	139
10.6 Hasil vermikompos selepas 12 minggu	142
10.7 Kadar peratus pereputan bagi tiga jenis rawatan mengikut minggu	142

11.1	Bekas 5 liter yang telah diubah suai dan makanan pemula cacing	151
11.2	20 ekor cacing pengkompos yang dipilih	151
11.3	Kertas bekas telur digunakan sebagai bedding atau alas permukaan	151
11.4	Makanan cacing, 100% adalah daripada hampas teh yang diperolehi dari restoran	152
11.5	Vermicast (tahi cacing) seperti bertih dihasilkan, menunjukkan cacing sesuai dengan persekitaran	153
11.6	Dinding bekas pengkompos terdapat kesan kotoran, cacing cuba untuk keluar dari bekas kompos	153
11.7	Selepas penuaian vermicast, kelihatan kertas bekas telur masih ada dalam bekas pengkompos	155
11.8	Hasil 60 hari vermikompos	156
11.9	Cacing pengkompos pada hari ke-60	156
12.1	Bahan-bahan yang digunakan untuk proses pengkomposan baja kompos Tosonong	162
12.2	Sisa buangan cendawan yang dikumpul untuk pengkomposan	163
12.3	Tapak atau rumah pengkomposan	164
12.4	Kaedah pengkomposan baja kompos Tosonong I	165
12.5	Kaedah pengkomposan baja kompos Tosonong II	166
12.6	Proses penapisan dan pengeringan ragi yang digunakan untuk menghasilkan baja kompos	166
12.7	Nilai nutrisi yang digunakan untuk memasarkan produk baja kompos Tosonong	169
12.8	Kajian kes tempatan yang menggunakan baja kompos Tosonong	172
13.1	Carta alir punca masalah pembuangan sisa organik	178
13.2	Murid-murid menjalankan tinjauan untuk mengumpul maklumat projek	179
13.3	Punca pelupusan sisa organik yang tidak betul	180
13.4	Membina pondok membuat baja kompos	181
13.5	Mengajar warga SMK Tamparuli membuat baja kompos	181
13.6	Pertandingan mengumpul sisa organik di SMK Tamparuli	182

13.7	Mempromosi teknik menghasilkan baja kompos di Universiti Malaysia Sabah	182
13.8	Mempromosi teknik menghasilkan baja kompos di Pekan Inanam	182
13.9	Mempromosi teknik menghasilkan baja kompos di Pekan Menggatal	183
13.10	Ragi yang digunakan untuk menghasilkan baja kompos	184
13.11	Langkah-langkah penghasilan baja organik	185
13.12	Tong yang diubah suai	185
13.13	Murid-murid menghasilkan baja kompos	186
13.14	Baja kompos	186
13.15	Hasil projek pada fasa pertama	187
13.16	Pengurangan sisa organik	187
13.17	Pasukan BBKK SMK Tamparuli berjaya menjadi- Johan Pertandingan Toyota Eco Youth 2019 melalui Projek Baja Kompos	189
13.18	Pasukan BBKK SMK Tamparuli mewakili Sabah ke pertandingan akhir Toyota Eco Youth 2019	190
13.19	Sijil Johan Toyota Eco Youth 2019	190
13.20	Mempromosi teknik menghasilkan baja kompos di Kuala Lumpur	191
14.1	Langkah pengkomposan TTB	197
14.2	Penanaman cendawan menggunakan TTB	198
14.3	Penanaman cendawan menggunakan kompos jerami padi	199
14.4	Proses pengkomposan jangka pendek	200
15.1	Sisa sayuran di Kundasang	208
15.2	Reka bentuk sistem di tapak pengkomposan Kundasang	209
15.3	Gambar terkini reaktor pengkomposan di Kundasang	209
15.4	Perincian reaktor pengkompos dari sisi keratan konkrit bertetulang dan pandangan hadapan	210
15.5	Profil suhu semasa pengkomposan. Gambar rajah kecil menunjukkan suhu maksimum yang dicapai pada hari pertama kesan penggunaan najis ayam berbeza	214

15.6	Perubahan kandungan lembapan (MC) dalam kompos sisa sayuran dengan dos najis ayam yang berbeza	216
15.7	Perubahan nilai pH semasa pengkomposan dengan dos najis ayam	217
15.8	Perubahan kekonduksian elektrik (EC) semasa pengkomposan sisa sayuran	218
15.9	Kesan penggunaan najis ayam terhadap peratus kehilangan bahan organik (OM)	219
16.1	Dua baka pokok bunga kemboja atau adenium yang menggunakan tinja kelawar asli mengeluarkan bunga secara berjambak	230
16.2	(a) Penghasilan putik berjambak pada tanaman avokado (Archipelago Bat Guano, 2021) dan (b) limau nipis jambak selepas penggunaan tinja kelawar	231
16.3	Kandungan lapisan guano kelawar mengikut kedalaman sampel radiokarbon (kotak putih) dan usia kalibrasi	234
16.4	Struktur tanah guano kelawar pada kedalaman 1 meter	235
16.5	Mekanisme kawalan biologi enzim kitinase melalui proses hidrolisis terhadap sel epitelial sistem perkumuhan serangga	236
16.6	Testimoni penggunaan baja tinja kelawar asli menjadikan buah-buahan bersaiz besar. (a) Pisang emas menggunakan baja BioBat, (b) limau nipis jambak menggunakan baja pati Guano dan mahkota dewa menggunakan baja Liguano	240
16.7	Kandungan nitrogen yang tinggi dalam tinja kelawar menggalakkan tumbesaran daun. (a) Anak pokok durian Musang King menggunakan baja Baktor (Firdaus, 2022), manakala (b) Aglonema dan (c) kobis menggunakan BioBat (Adenan, 2017)	241
17.1	Pemboleh ubah yang telah dimasukkan dalam ruangan 'workbook'	257
17.2	Nilai awal bagi parameter	258
17.3	Nilai awal bagi pemalar	258

17.4	Memasukkan julat data input berdasarkan data dalam 'workbook'	259
17.5	Ruangan pilihan bagi 'Fitted Curves'	259
17.6	Laporan hasil pepadanan model	260
17.7	Lembaran Microsoft Excel mengandungi data eksperimen dan hasil pepadanan	261
17.8	Paparan Solver Microsoft Excel	261
17.9	(a) tertib sifar, (b) tertib pertama dan (c) tertib kedua bagi degradasi pepejal meruap bagi 80% kompos sisa makanan	262
18.1	Rancangan pengisian Program Bandar Pintar Malaysia	272
18.2	Smartbin Sensor menggunakan teknologi IoT	275
18.3	Gambaran keseluruhan proses pemprosesan sisa domestik menjadi baja organik menggunakan mesin SCM	276
18.4	Gambaran keseluruhan mesin SCM menerusi projek kerjasama UMT dan NAHRIM	277
18.5	Reka bentuk litar di atas PCB bagi keseluruhan sensor IoT yang digunakan dalam projek mesin SCM	278
18.6	Antara muka pengguna perisian aplikasi NAHRIM IoT untuk mesin SCM	279
19.1	Sisa makanan (kiri) dan sisa landskap (kanan) yang dikitar semula	285
19.2	Inisiatif transformasi sisa makanan di Universiti Malaya	285
19.3	Model Ekonomi Kitaran di UM: kebun organik (kiri); jualan sayur organik (tengah); jualan baja kompos (kanan)	291
20.1	Komposisi sisa di Malaysia	299
20.2	Jenis-jenis sisa yang dikumpulkan di Malaysia	300
20.3	Contoh aplikasi proses pirolisis dalam model pengkomposan sisa organik	304
20.4	Model pengkomposan yang diselaraskan dengan model ekonomi pekeliling	305

Senarai Jadual

Jadual	Muka Surat
2.1 Purata penjanaan sisa perbandaran oleh perindustrian, komersial dan institusi di Malaysia pada 2012	10
2.2 Sumber dan jenis sisa pepejal	11
2.3 Purata penjanaan sisa isi rumah pada tahun 2012, Malaysia	13
2.4 Perbandingan amalan pengurusan sisa pepejal biasa	14
3.1 Jenis dan contoh-contoh mikroorganisma	20
3.2 Perbezaan sifat-sifat kimia dan mikrobiologi bagi tanah, vermikompos dan baja	24
3.3 Kebaikan dan kelemahan pengkomposan menggunakan mikroorganisma, cacing dan <i>Black Soldier Fly (BSF)</i>	31
4.1 Hasil analisis fizik dan kimia produk kompos	47
5.1 Jenis-jenis bakteria dan fungsinya dalam sistem pengkomposan	55
5.2 Komponen penting dalam mesin kompos dan fungsinya	62
5.3 Antara mesin kompos yang telah dipasarkan di luar negara	62
6.1 Mikroorganisma di dalam EM dan fungsinya	74
7.1 Perbezaan antara kaedah pengkomposan EM-Bokashi dan pengkomposan tradisional	84
7.2 Bahan mentah dalam Teknik EM-Bokashi	88
7.3 Kesan penggunaan EM-Bokashi terhadap tanaman	92
8.1 Perbezaan teknik kompos Takakura dan windrow	99
8.2 Sisa makanan yang sesuai untuk teknik pengkomposan Takakura	104
8.3 Perbezaan teknik asal THM dengan Takakura Home Method: Compost Chang	107
8.4 Harga bahan bagi penyediaan teknik THM	112
8.5 Potensi, cabaran dan cadangan pelaksanaan THM	113
9.1 Sifat kimia-fizik beberapa jenis sisa	119
9.2 Kaedah penyediaan enzim sampah	122
9.3 Parameter pengkomposan bagi kompos yang terhasil melalui penambahan enzim sampah	125
9.4 Pencirian kompos matang	126

10.1	Jenis rawatan	139
10.2	Kandungan nutrien yang terdapat dalam rawatan yang berbeza	144
12.1	Sukatan penggunaan secara genggam	167
12.2	Peratus kandungan nutrisi baja kompos Tosonong	170
13.1	Penilaian matriks terhadap kebolehlaksanaan, masa dan nilai kesan	177
14.1	Pengeluaran cendawan di Malaysia tahun 2014	194
14.2	Kecekapan biologi sisa pertanian untuk penanaman cendawan	195
14.3	Contoh formulasi kompos	199
15.1	Parameter fizikokimia awal dan komposisi reka bentuk campuran	211
15.2	Perbandingan kajian-kajian menggunakan sisa sayuran, hampas padi, dan najis ayam	220
16.1	Perbandingan harga satu tan tinja-tinja asli pelbagai haiwan di pasaran Malaysia	229
17.1	Model bagi pengoptimuman nilai pemalar kadar tindak balas, k	255
17.2	Kotak dialog berserta data yang diperlukan	257
17.3	Pemalar kadar, korelasi koefisien, kecekapan pemodelan dan nilai punca min kuasa dua bagi 40%, 60% dan 80% kompos sisa makanan dengan menggunakan persamaan tertib sifar, pertama dan kedua	262
17.4	Parameter asas model deduktif; simbol, definisi dan nilai parameter pada 55 °C dan 35 °C	264
19.1	Penurunan hasil tanaman di beberapa negara menjelang tahun 2030	283
19.2	Jumlah sisa organik yang dikitar semula dari 2012 hingga 2019	284
19.3	Perlepasan GHG daripada aktiviti pengurusan sisa makanan di Universiti Malaya	286
19.4	Perbandingan ciri-ciri kompos organik hasilan Universiti Malaya dengan pasaran luar	289
19.5	Fungsi kitar semula sisa makanan dalam ekonomi kitaran dan kelestarian	292
20.1	Kadar penghasilan biogas di tapak pelupusan sisa menggunakan kajian model pengasingan sisa	306

Kata Pengantar

Tahun 2020/2021 memberi cabaran yang besar kepada masyarakat dunia, bukan sahaja dengan penularan wabak tetapi masalah perubahan iklim dunia. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh World Bank Group (2021) dengan kerjasama Asian Development Bank mengenai tahap risiko dan impak perubahan iklim terhadap Malaysia, perubahan iklim ini memberi impak besar kepada sumber semula jadi, sektor ekonomi dan juga komuniti secara menyeluruh. Justeru, perancangan strategik dalam menangani dan mengurangkan risiko perubahan iklim ini adalah sejajar dengan Matlamat Pembangunan Lestari (SDG) yang digariskan oleh kerajaan dan menjadi tanggungjawab semua pihak bagi menjayakannya.

Pengurusan sisa dalam konteks di Malaysia selari dengan pelaksanaan dan agenda dalam SDG yang dirangka berteraskan ekonomi, sosial, politik dan alam sekitar. Pengenalan kepada konsep ekonomi kitaran (*circular economy*) dalam pengurusan dan pengendalian sisa pepejal yang lestari dilihat dapat mengurangkan sisa yang dihantar ke tapak pelupusan dan seterusnya mengurangkan pelepasan gas metana yang menjana kesan rumah hijau. Selain itu, sisa organik juga berpotensi untuk dikitar semula menjadi sumber kekayaan dan tenaga diperbaharui. Pengkomposan merupakan salah satu teknologi hijau yang boleh diketengahkan dalam menukarkan sisa buangan kepada baja dan seterusnya berupaya untuk memacu ekonomi pekeliling ini.

Buku ini menghimpunkan amalan dan teknik pengkomposan terkini di negara kita. Buku ini digarap dengan kolaborasi beberapa orang penulis yang terdiri daripada para pensyarah universiti, pemain industri dan guru sekolah yang berpengalaman luas dalam bidang pengkomposan di Malaysia. Diharapkan buku ini dapat memberi input yang positif kepada para pembaca agar dapat meneroka ilmu tentang pengkomposan dan mempraktikkan ilmu yang diperolehi dalam usaha melestarikan alam sekitar.

Terima kasih.

Profesor Datuk ChM. Ts. Dr. Taufiq Yap Yun Hin

Naib Canselor

Universiti Malaysia Sabah

Prakata

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah mencipta semesta alam ini dengan segala kesempurnaannya, dan selawat dan salam ke atas junjungan Nabi Muhammad SAW, penghulu dan penutup sekalian para nabi.

Pengkomposan merupakan satu cara rawatan bersifat biologi yang sangat unik dan mempunyai ciri-ciri semula jadi. Sifatnya mudah difahami dan diamalkan untuk memproses sisa makanan dan sisa organik. Pengkomposan secara bersepadu melibatkan sistem mekanikal juga dapat membantu pengurusan sisa pepejal sebagai salah satu kaedah yang sangat berkesan, selain dapat membantu mengurangkan pencemaran alam sekitar dan hasilnya sangat sesuai untuk aktiviti pertanian dan penggunaan landskap.

Untuk itu, buku dengan tajuk *Pengkomposan: Prinsip, Teknik dan Amalan* ini tampil ke pangkuan masyarakat untuk memberikan sedikit input dan maklumat yang membincangkan teknik serta amalan yang mudah untuk dilakukan oleh individu, komuniti atau industri. Selain itu, buku ini juga menyediakan penerangan yang bersifat komprehensif berkenaan asas pengkomposan dengan pelbagai cara dan pengalaman daripada pelbagai penyelidikan di Malaysia. Sesungguhnya, sama ada kita sedar atau tidak, terdapat pelbagai persoalan berkaitan dengan kaedah pengkomposan yang sesuai. Buku ini menerangkan kaedah pelaksanaan yang terperinci berdasarkan pengalaman para penulis. Buku ini juga sangat sesuai digunakan sebagai rujukan bagi mencapai Matlamat Pembangunan Lestari (SDG's).

Oleh itu, pada kesempatan ini kami ingin merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada Penerbit Universiti Malaysia Sabah yang banyak membantu dan juga kepada semua penulis dan pewartu yang terlibat dalam menjayakan penerbitan buku ini. Tidak dilupakan juga kepada Mohd Al Mussa Ugak dan Dr. Junidah Lamaming yang membantu dalam penyusunan buku ini. Semoga penerbitan buku ini dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dalam memahami sains dan teknologi pengkomposan daripada pelbagai aspek. Akhir kata, kami berharap buku ini akan menjadi pencetus kepada kesedaran terhadap pemuliharaan alam sekitar yang lebih menyeluruh khususnya di Malaysia. Terima kasih yang tidak terhingga kepada para penulis dalam buku ini yang menunjukkan bagaimana bidang pengkomposan adalah suatu subjek yang terus kekal relevan sepanjang zaman walaupun mungkin menjadi antara proses pengurusan sisa yang tertua.

Sekian, terima kasih.

Profesor Madya Dr. Abu Zahrim Yaser

Fakulti Kejuruteraan

Universiti Malaysia Sabah (UMS)

Profesor Madya Dr. Mohd Armi Abu Samah

Kulliyah Sains

Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM)

*Ditujukan khas buat ayahanda, Yaser Hj Malik dan bonda,
Hamidah Khalil yang mengajar erti kelestarian tatkala
sedang memungut biji sawit lerai.*

-Abu Zahirim Yaser-

*Ikhlās ditujukan kepada ayahanda dan bonda, dan para pendidik serta
penyelidik yang memberi inspirasi dalam mencari erti
dalam kehidupan ekosistem yang lestari dan mampan.*

-Mohd Armi Abu Samah-

Senarai Penyumbang

Bab 1 - Abu Zahrim Yaser

Program Kejuruteraan Kimia, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jln UMS, 88400, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: zahrim@ums.edu.my

Bab 2 - Shahrul Ismail*, Mustafa Man, Syafi'ah Nadhiah Mohd Said, Mohamad Azhar Zain, Ismafatina Nabilah Ismail, Mohd Taufik Muhammad

Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik, Universiti Malaysia Terengganu (UMT), Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia.
E-mel: shahrul.ismail@umt.edu.my

Noor Azrimi Umor

Fakulti Sains Gunaan, Universiti Teknologi MARA (UiTM), Kuala Pilah, Negeri Sembilan, Malaysia.

Bab 3 - Junidah Lamaming*, Abu Zahrim Yaser

Program Kejuruteraan Kimia, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jln UMS, 88400, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: junidah@ums.edu.my; junejunidah@gmail.com

Bab 4 - Mohd Armi Abu Samah*

Kulliyah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM), Gombak, Selangor, Malaysia.
E-mel: marmi@iiium.edu.my

Afiza Abdullah Suhaimi

Fakulti Sains Teknologi Industri, Universiti Malaysia Pahang (UMP), Pekan, Pahang, Malaysia.

Bab 5 - Tuan Noor Hasanah Tuan Ismail*, Halimatus Sa'adiyah Mohamed Raimi, Muhammad Ammar Abdul Talib

Jabatan Teknologi Kejuruteraan Awam, Fakulti Teknologi Kejuruteraan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor, Malaysia.
E-mel: hasanah@uthm.edu.my

Bab 6 - Sharifah Norkhadijah Syed Ismail*, Siti Aminah Ab Muttalib

Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia (UPM), 43400, Serdang, Selangor, Malaysia.
E-mel: norkhadijah@upm.edu.my

- Bab 7 -* **Muhammad Bukhari Rosly¹, Nurhamieza Md Huzir¹, Mohd Hidayat Hussin¹, Azlan Nur Rasyid Amin¹, Abd Halim Md Ali^{1,2}, Masafumi Goto^{1,2}, Pramila Tamunaidu^{1,2*}**
¹Malaysia-Japan Advanced Research Centre (MJARC), Universiti Teknologi Malaysia-Pagoh, 84600 Pagoh, Johor, Malaysia.
²Department of Chemical and Environmental Engineering, Malaysia Japan International Institute of Technology, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), 54100 Kuala Lumpur, Malaysia.
E-mel: pramila@utm.my
- Bab 8 -* **Nurhamieza Md Huzir¹, Azlan Nur Rasyid Amin¹, Muhammad Bukhari Rosly¹, Mohd Hidayat Hussin¹, Abd Halim Md Ali^{1,2}, Masafumi Goto^{1,2}, Pramila Tamunaidu^{1,2*}**
¹Malaysia-Japan Advanced Research Centre (MJARC), Universiti Teknologi Malaysia-Pagoh, 84600 Pagoh, Johor, Malaysia.
²Department of Chemical and Environmental Engineering, Malaysia Japan International Institute of Technology, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), 54100 Kuala Lumpur, Malaysia.
E-mel: pramila@utm.my
- Bab 9 -* **Mariani Rajin*, Sariah Saalah, Abu Zahrim Yaser, Muhammad Izhuddin Rosdin, Olivia Mayang anak Endu, Asron Sunin, Kelvin Lim Jin Ming**
Program Kejuruteraan Kimia, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Kota Kinabalu, Sabah.
E-mel: mariani@ums.edu.my
- Bab 10 -* **Normah Awang Besar, Ag Ahmad Mohd Yunus*, Habibi Mustakim**
Fakulti Perhutanan Tropika, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: agahmad@ums.edu.my
- Bab 11 -* **Ag Ahmad Mohd Yunus*, Normah Awang Besar**
Fakulti Perhutanan Tropika, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: agahmad@ums.edu.my
- Bab 12 -* **Razipin Gutuk**
Inovasi HPO Enterprise, Peti Surat 658, 89308 Ranau, Sabah, Malaysia.
E-mel: asrahpo@gmail.com
- Bab 13 -* **Ernest Kelly Subin***
SMK Tamparuli, WDT 70, 89259 Tamparuli, Sabah, Malaysia.
E-mel: onost12@yahoo.com
- Farrah Wong Hock Tze, Sariah Abang**
Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

- Bab 14* - **Noor Azrimi Umor***
Fakulti Pertanian, Universiti Putra Malaysia (UPM), Serdang, Selangor, Malaysia.
Fakulti Sains Gunaan, Universiti Teknologi MARA (UiTM), Kuala Pilah,
Negeri Sembilan, Malaysia.
E-mel: noorazrimi@gmail.com
- Azhar Mohamad**
Agensi Nuklear Malaysia, Bangi, Selangor, Malaysia.
- Muhammad Huzaifah Mohd Roslim**
Jabatan Sains Tanaman, Fakulti Sains Pertanian dan Perhutanan, Universiti
Putra Malaysia (UPM), Kampus Bintulu, Sarawak, Malaysia.
- Shahrul Ismail**
Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informasi, Universiti Malaysia
Terengganu (UMT), Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia.
- Bab 15* - **Noorafizah Murshid, Habib Musa Mohamad, Mariani Rajin, Sariah
Saalah, Junidah Lamaming, Mohd Al Mussa Ugak, Abu Zahrim Yaser***
Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jln UMS, 88400
Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: zahrim@ums.edu.my
- Bab 16* - **Melor Mohd.Daud**
Bokashi Farmers, Lot 521 Kampung Kubang Jambu, 33400 Lenggong,
Perak, Malaysia.
E-mel: impaxmelor@gmail.com
- Bab 17* - **Mohd Al Mussa Ugak , Nur Aqeela Syuhadah Aji, Farrah Wong Hock
Tze, Sariah Abang, Abu Zahrim Yaser***
Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jalan UMS, 88400
Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: zahrim@ums.edu.my
- Bab 18* - **Mustafa Man*, Shahrul Ismail**
Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik, Universiti Malaysia
Terengganu (UMT), Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia.
E-mel: mustafaman@umt.edu.my
- Wan Aezwani Wan Abu Bakar, Mohd Kamir Yusof**
Fakulti Informatik dan Komputeran, Universiti Sultan Zainal Abidin (UniSZA),
Kampus Tembila, Besut, Terengganu, Malaysia.
- Bab 19* - **Sumiani Yusoff*, Ng Chee Guan, Nur Shakirah Kamarul Zaman, Mairuz
Asmarafariza Azlan**
Institut Sains Samudera dan Bumi (IOES), Universiti Malaya (UM), 50603
Kuala Lumpur, Malaysia.
E-mel: sumiani@um.edu.my

- Bab 20 - Sharifah Norkhadijah Syed Ismail *, Jofirin Uding Rangga**
Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia (UPM), Serdang, Selangor, Malaysia.
E-mel: norkhadijah@upm.edu.my
- Bab 21 - Abu Zahrim Yaser*, Mohd Al Mussa Ugak, Junidah Lamaming**
Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS), Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
E-mel: zahrim@ums.edu.my
- Mohd Armi Abu Samah**
Kulliyah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM), Gombak, Selangor, Malaysia.

Nota

**Pengarang koresponden*

Indeks

A

aerobik, 3, 5, 20, 22, 23, 36-39, 44, 53, 69, 71, 99, 102, 134, 152, 205-207, 210, 211, 218, 221, 263, 281, 282, 284, 285, 287, 288, 291, 293
anaerobik, 3, 5, 20, 36, 39, 53, 69, 102, 206, 207, 218, 221, 282, 284, 285, 287, 288, 291, 293
aplikasi, 1, 4, 54, 61, 63, 70, 73, 75, 76, 81, 93, 94, 113, 131, 175, 176, 178, 180, 181, 183, 188, 191, 248, 249, 263, 272, 277-279, 287, 288, 304, 310, 312, 313

B

bertetulang, 12, 210
biodegradasi, 23, 39, 40, 42, 47, 73, 116, 117, 123, 127, 135, 204, 217, 249, 252, 255, 256
Bokashi, 3, 4, 66, 71, 72, 80-97, 310

E

enzim, 3, 20, 48, 55, 56, 71, 75, 83, 116, 117, 121-125, 127-131, 196, 235-237, 310, 311

K

karbon, 11, 21, 23, 24, 26, 36-39, 48, 53, 63, 71, 75, 83, 84, 87, 93, 98, 102, 103, 116, 117, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 130, 131, 141, 144, 145, 168, 170, 197, 204-206, 211, 217-219, 232, 234, 238, 249, 270, 282, 287-290, 301-303, 305, 306

kelawar, 4, 229-246, 312

kelembapan, 1, 21, 22, 26, 36, 37, 42, 44-47, 52, 54, 58-62, 70, 84, 100, 102, 103, 110, 117, 119, 120, 123, 125, 126, 128, 130, 131, 154, 196, 197, 199, 200, 204-206, 211, 212, 214, 215, 233, 234, 249, 252, 254-256, 258, 271, 288, 289, 302

keporosan, 21, 22, 24, 129

kinetik, 4, 247-249, 251-253, 256, 257, 262, 263, 265, 266, 302, 303, 312

kompos, 1-4, 14, 15, 20-22, 26, 28, 30, 32, 35-42, 44-50, 53, 54, 60-65, 69-71, 73-77, 80-82, 84-86, 90-92, 94, 98-104, 107-111, 113, 114, 117, 118, 120, 121, 123, 125-131, 134, 135, 139, 140, 143, 145, 148, 157, 159-175, 180-186, 188, 189, 191, 198-201, 204, 206-208, 211-213, 215-219, 221, 222, 228, 232, 247-249, 253, 262, 263, 266, 282, 284-286, 288, 289, 291, 292, 303, 310-312

M

mikrob, 21-24, 36-39, 45, 54, 69-71, 74, 75, 78, 82-85, 91-94, 99, 102, 103, 110, 117, 121-124, 127, 130, 135, 141, 148, 152, 205-207, 212-216, 218, 221, 230, 233, 247, 263, 264, 292, 311

mineralisasi, 71, 75, 80, 86, 212,
219, 303

N

nitrogen, 3, 20, 21, 24, 38, 39, 47, 48,
67, 71, 74, 75, 77, 82, 84-86,
93-95, 97, 110, 117, 119-121,
123-132, 141, 143-145, 168,
204, 206, 211, 214, 216, 218,
219, 223, 224, 229, 230, 235-
241, 245, 285, 289, 302, 303

P

pengesanan, 15, 80
pengudaraan, 21-23, 25, 26, 37, 44,
46, 60-63, 73, 74, 93, 100,
102-104, 110, 117, 121, 125,
128, 129, 150, 153, 164, 168,
197, 200, 204, 205, 207, 208,
210, 211, 213, 220, 288
pengurusan, 6-8, 10, 14-18, 31, 49,
50, 52-54, 60, 65, 66, 69, 77,
80, 97, 104, 106, 113, 115,
135, 221, 269-271, 274, 275,
277, 279, 280, 282, 283, 285-
287, 291-293, 302, 304, 306,
310-313
peranan, 3, 16, 25, 29, 56, 60, 67,
70, 71, 83, 85, 86, 93, 113,
114, 118, 121, 123, 128, 159,
163, 205, 215, 232, 269, 271,
287, 291
perisian, 256, 260, 276-279

R

reaktor, 1, 2, 23, 27, 28, 155, 208-212,
215, 217, 220, 222, 247, 265,
311, 312
reka bentuk, 2, 3, 41, 46, 61, 64, 208,
209, 211, 222, 247, 249, 266,
276-278, 312

S

saiz bahan, 21, 117
sistem IoT, 273, 274

T

Takakura, 3, 41, 57, 65, 73, 98-102,
104, 106, 107, 110-115, 132,
310
teknik, 3, 4, 7, 49, 80-82, 87, 88, 94,
98-104, 106, 107, 111-114,
135, 164, 182, 183, 191, 198,
241, 247, 248, 252, 278, 282,
302, 310-313
timbunan, 1, 2, 16, 21-23, 26-28, 53,
73, 99, 102, 117, 197, 198,
200, 207, 214, 215, 232, 238
tinja, 4, 137, 139, 140, 142-145, 154,
159, 164, 168, 170, 179, 229-
242, 244, 245, 247, 312

V

vermikompos, 23-25, 27, 28, 31, 134-
136, 140-143, 145, 148, 149,
154-157, 312

Pengkomposan merupakan satu kaedah efektif dalam menguruskan sisa buangan organik yang dilihat dapat menjamin kelestarian dan berupaya mewujudkan model ekonomi kitaran. Selain membincangkan prinsip-prinsip asas dalam proses pengkomposan; teknik dan amalan pengkomposan di Malaysia turut diketengahkan. Buku ini menghimpunkan pakar pengkomposan dari pelbagai universiti, sekolah dan industri. Teknik dan inovasi pengkomposan terkini yang dipaparkan dalam buku ini diharapkan boleh menjadi panduan berguna kepada individu dan komuniti yang berminat dalam mengoperasikan proses pengkomposan sama ada dalam skala kecil atau besar.



Abu Zahrim Yaser ialah Profesor Madya di Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaysia Sabah (UMS). Beliau memperoleh Ijazah Doktor Falsafah daripada Swansea University, United Kingdom. Dr. Abu Zahrim telah menerbitkan sepuluh buah buku, lebih daripada 100 artikel penyelidikan dan penerbitan beliau bertajuk "Kompos" pada *Festival of Ideas* telah ditonton melebihi 1000 kali. Beliau telah mengetuai pasukan yang mereka bentuk sistem pengkomposan bagi kegunaan komuniti di daerah Kundasang, Nabawan dan Tongod di Sabah. Beliau merupakan saintis pelawat di University of Hull, United Kingdom dan penyunting jemputan di beberapa jurnal antarabangsa.



Mohd Armi Abu Samah ialah Profesor Madya di Kulliyah Sains, Universiti Islam Antarabangsa (UIA). Beliau memperoleh Ijazah Doktor Falsafah daripada Universiti Putra Malaysia (UPM) khususnya dalam pengurusan sisa pepejal dan sistem pembangunan kompos. Beliau telah berjaya menerbitkan lebih daripada 60 artikel penyelidikan. Beberapa kajian beliau telah memenangi pingat semasa menyertai ekspo penyelidikan dan inovasi.



Penerbit **UMS**

ISBN 978-967-2738-51-0



0019500

9 789672 738510