

AKTINOBAKTERIA SUMBER ANTIINFEKSI BAHARU SATU PENEROKAAN



disunting oleh
Noraziah Mohamad Zin
Nik Marzuki Sidik

AKTINOBAKTERIA SUMBER ANTIINFEKSI BAHARU SATU PENEROKAAN

disunting oleh

Noraziah Mohamad Zin & Nik Marzuki Sidik

PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

BANGI • 2017

<http://ukmpress.ukm.my>

Cetakan Pertama / *First Printing*, 2017
Hak Cipta / *Copyright* Universiti Kebangsaan Malaysia, 2017

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 D.E. Malaysia
<http://ukmpress.ukm.my>
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*
CARD INFORMATION SDN. BHD.
49, Jalan 31/10A, Taman Perindustrian IKS, Mukim Batu
68100 Kuala Lumpur, Malaysia.
e-mel: cisb49@yahoo.com.my

Dicetak di Malaysia oleh / *Printed in Malaysia by*
UKM CETAK
UKM Holdings Sdn. Bhd.
Aras Bawah, Bangunan Penerbit UKM
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
43600 Bangi, Selangor D.E. Malaysia

Perpustakaan Negara Malaysia

Data Pengkatalongan-dalam-Penerbitan /
Cataloguing-in-Publication Data

Aktinobakteria Sumber Antiinfeksi Baharu: Satu Penerokaan / disunting oleh
Noraziah Mohamad Zin & Nik Marzuki Sidik.
1. *Actinobacteria*. 2. *Bacteria*. 3. *Government publications*--Malaysia.
I. Noraziah Mohamad Zin. II. Nik Marzuki Sidik.
579.3

ISBN 978-967-412-507-3

Kandungan

Jadual dan Rajah ... 7

Prakata ... 11

- BAB 1 Pengenalan ... 13
Noraziah Mohamad Zin & Nik Marzuki Sidik
- BAB 2 Lokasi Pemencilan Endofit ... 18
Nur Faizah Abu Bakar & Norazli Ghadin
- BAB 3 Koleksi Pencilan ... 26
*Noraziah Mohamad Zin, Aishah Ismail,
Nur Faizah Abu Bakar & Norhidayah Badya*
- BAB 4 Pencirian Spesies Baharu ... 39
*Nurul Izzah Mohd Sarmin, Nik Marzuki Sidik &
Aishah Ismail*
- BAB 5 Aktiviti Antiinfektiviti *Streptomyces* ... 53
*Mohd Shukri Baba, Noraziah Mohamad Zin,
Siti Junaidah Ahmad & Jalifah Latip*
- BAB 6 Penutup ... 63
Noraziah Mohamad Zin & Nik Marzuki Sidik

Rujukan ... 65

Senarai Penyumbang ... 75

Indeks ... 77

BAB 5

Aktiviti Antiinfektiviti *Streptomyces*

Mohd Shukri Baba, Noraziah Mohamad Zin,
Siti Junaidah Ahmad & Jalifah Latip

Pendahuluan

Sejak penemuan antibiotik penicillin dan streptomycin, banyak lagi antibiotik baharu berjaya diterokai dan dipencilkan daripada kumpulan aktinobakteria endofit. Ini menjadi salah satu daya penarik kepada penyelidik untuk mencari pencilan aktinobakteria endofit yang baharu. Pencilan aktinobakteria endofit baharu didapati mempunyai potensi dalam menghasilkan metabolit sekunder baharu yang sangat berguna dalam bidang perubatan (Takahasi & Omura 2003). Sehingga kini terdapat kira-kira 70% daripada metabolit baharu yang aktif, dipencilkan daripada aktinobakteria endofit (Miyadoh 1993).

Kemampuan tumbuhan menghadapi serangan penyakit boleh dikaitkan dengan kehadiran satu atau lebih jenis aktinobakteria endofit yang hidup di dalam tisu tumbuhan (Strobel & Daisy 2003). Ini membuktikan bahawa aktinobakteria endofit mampu menghasilkan metabolit bioaktif yang bertindak sebagai agen antiinfeksi kepada tumbuhan perumah dan bersifat komensal. Sebatian metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisma ini didapati juga telah berjaya menjadi penawar kepada pelbagai penyakit akibat pelbagai infeksi bakteria dan parasit (Strobel & Daisy 2003; Zin et al. 2015).

Metabolit sekunder aktinobakteria endofit merupakan sebatian yang mempunyai berat molekul rendah (kurang daripada 3kDa berat molekul) yang dihasilkan semasa pertumbuhan pada peringkat akhir fasa eksponen bagi membolehkan Aktinobakteria meneruskan kelangsungan hidup dalam persekitaran yang tertekan (Demain & Fang 2000). Ia berbeza dengan penghasilan metabolit primer seperti karbohidrat dan protein

yang diperlukan oleh Aktinobakteria untuk tujuan pertumbuhan dan kemandiriannya (Berdy 2005; Jimenez-Garcia et al. 2013). Antara contoh metabolit sekunder yang dihasilkan ialah *polyketide syntase*, *terpene*, *gancidin* dan lain-lain lagi dan ia berpotensi untuk dijadikan sumber antibiotik (Bently 2002 & Baba 2015).

Lazimnya sebatian metabolit sekunder yang berjaya dipencilkan daripada Aktinobakteria diklasifikasikan mengikut kumpulan alkaloid, terpenoid, steroid, quinones, *lignans*, fenol dan lakton (Zhao et al. 2011). Sebatian di dalam kumpulan ini merupakan sebatian kimia yang hanya diperolehi secara semula jadi. Sebatian-sebatian ini mempunyai potensi yang sama dengan sabatian kimia yang disintesiskan secara kimia di dalam penghasilan antibiotik secara komersial.

Dianggarkan sehingga hari ini, lebih daripada 22,000 sebatian metabolit sekunder berjaya dipencilkan daripada aktinobakteria yang terbukti memberi manfaat dalam kehidupan manusia. Kebiasaannya metabolit sekunder yang dipencilkan mempunyai aktiviti antimikrob, antikanser, antiviral, antidiabetik, imunopenindasan, insektisid dan antioksidan (Strobel & Daisy 2003; Zin et al. 2015). Kebolehan Aktinobakteria menghasilkan pelbagai metabolit sekunder yang bertindak sebagai agen antiinfeksi telah menjadi daya tarikan kepada penyelidik untuk mencari lebih banyak pencilan baharu untuk mengkaji gen yang boleh menghasilkan sebatian metabolit sekunder yang baharu. Analisa serta penilaian aktiviti terhadap ekstrak kasar dan sebatian tulen yang dipencilkan daripada koleksi aktinobakteria didapati mempunyai aktiviti antiparasit, antibakteria dan antifungus.

Saringan Awal Aktinobakteria Endofit Sebagai Agen Antiinfeksi

Penyaringan awal perlu dilakukan ke atas semua pencilan yang diperolehi, ini bagi melihat potensi sebagai agen infeksi. Bagi pencilan yang dikaji di dalam buku ini SUK 1 sehingga SUK 30, penyaringan aktiviti antibakteria, antifungus dan antiparasit telah dijalankan dan hasil ujian saringan dipaparkan di dalam Jadual 5.1. Didapati pencilan SUK 1 berpotensi dijadikan sumber penghasil agen antimikrob (bakteria dan fungus) kerana kebolehannya di dalam merencat pertumbuhan fungus patogen terhadap

manusia *Aspergillus fumigatus* dan juga bakteria *Bacillus subtilis* pada kadar 50 – 60% (Sarmin 2012). Manakala pencilan SUK 28 dan SUK 25 didapati mampu merencat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* rintang metilsilin (MRSA) (Junaidah et al. 2015). Bagi aktiviti antiparasit, pencilan SUK 8, SUK 10 dan SUK 17 menunjukkan aktiviti antiparasit terhadap *Plasmodium berghei* (Baba et al. 2015). Disamping itu, pencilan SUK 27 didapati mempunyai aktiviti anti-*Trypanosoma brucei brucei* BS 221 (Kim 2009).

JADUAL 5.1 Aktiviti antiinfeksi koleksi pencilan *Streptomyces* sp.

Pencilan SUK	Aktiviti antiinfeksi
1	Antifungus – <i>Fusarium solani</i> dan <i>Aspergillus fumigatus</i> Antibakteria – <i>Bacillus subtilis</i>
2	Antifungus – <i>Fusarium solani</i> Antikulat – <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
3	Antifungus – <i>Aspergillus fumigatus</i> dan <i>Fusarium solani</i> Antikulat – <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
8	Antiparasit – <i>Plasmodium berghei</i> NK65
10	Antiparasit – <i>Plasmodium berghei</i> NK65
14	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591
17	Antiparasit – <i>Trypanosoma brucei</i> BS221
20	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591
21	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591
25	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591
26	Antibakteria – MRSA 33591
27	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591 Antiparasit – <i>Plasmodium berghei</i> NK 65
29	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591
30	Antibakteria – MRSA 49476, MRSA 43300 dan MRSA 33591

Ujian penyaringan aktiviti antibakteria bersifat patogen juga dilakukan terhadap pencilan SUK 31 hingga 58 (Jadual 5.2). Dari hasil ujian saringan ini didapati bahawa terdapat beberapa pencilan yang berpotensi sebagai agen antibakteria. Pencilan SUK 37 menunjukkan aktiviti perencatan yang terbaik terhadap bakteria kajian kecuali

JADUAL 5.2 Peratus perencatan oleh *Streptomyces* sp. SUK 31 hingga SUK 58 terhadap bakteria patogen

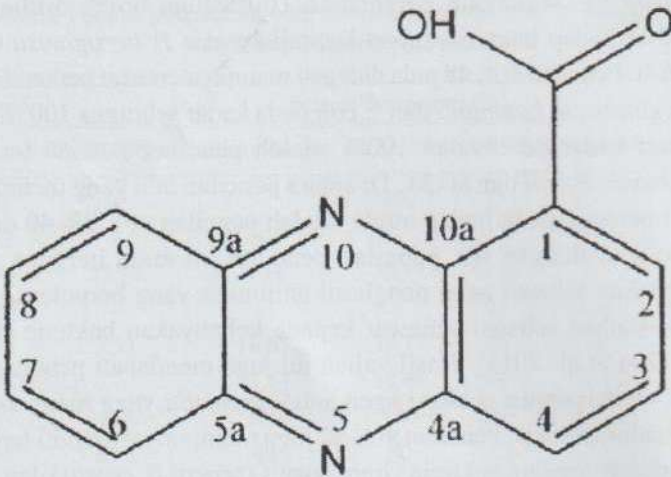
Pencilan	Peratus Perencatan (%)					
	<i>Pseudomonas</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Escherichia</i>	MRSA	<i>Salmonella</i>	<i>Bacillus</i>
SUK 31	-	-	100	75	-	38.46
SUK 32	-	-	-	-	-	-
SUK 33	23.33	8.33	30.77	42.86	-	30
SUK 34	-	-	-	25	11.11	38.46
SUK 35	3.33	16.67	30.77	30	11.11	62.5
SUK 36	-	41.67	38.46	40	-	5
SUK 37	100	100	100	100	-	40
SUK 38	62.5	40	40	12.5	-	34.62
SUK 39	-	-	40	100	-	61.54
SUK 40	-	-	-	100	11.11	42.31
SUK 41	56.25	20	40	25	-	38.46
SUK 42	37.5	-	-	75	100	100
SUK 43	-	-	-	-	-	-
SUK 44	-	-	23.77	-	-	50
SUK 45	26.67	-	15.38	-	-	-
SUK 46	57.14	76.92	75	42.86	100	53.85
SUK 47	-	-	-	-	-	-
SUK 48	100	100	100	40	11.11	55
SUK 49	-	-	-	-	-	-
SUK 50	-	-	-	-	33.33	23.08
SUK 51	50	10	40	15	-	26.92
SUK 52	-	-	-	100	11.11	29.46
SUK 53	-	100	100	100	22.22	100
SUK 54	31.25	40	20	-	-	-
SUK 55	37.5	10	40	25	-	26.92
SUK 56	0.7	100	100	100	11.11	65.38
SUK 57	-	-	-	-	-	-
SUK 58	-	-	-	-	-	-

Nota: (-) : tiada perencatan berlaku

S. enteriditis. Manakala perencatan 100% juga boleh dilihat oleh SUK 53 terhadap bakteria kajian kecuali ke atas *P. aeruginosa* dan *S. enteriditis*. Pencilan SUK 48 pula didapati mampu merencat perkembangan *P. aeruginosa*, *A. baumannii* dan *E.coli* pada kadar sehingga 100%. Turut mencatat kadar perencatan 100% adalah pencilan SUK 56 terhadap *A. baumannii*, *E.coli* dan MRSA. Di antara pencilan lain yang mempunyai aktiviti perencatan terhadap MRSA adalah pencilan SUK 39, 40 dan 52. Sehubungan dengan itu, pencilan-pencilan ini amat berguna untuk dibangunkan sebagai agen penghasil antibiotik yang berpotensi untuk dikomersialkan sebagai penawar kepada kebanyakan bakteria rintang dadah (Zin et al. 2015). Hasil kajian ini juga mendapati pencilan SUK 42 dan 46 berpotensi sebagai agen anti-*Salmonella* yang menyebabkan infeksi salmonellosis. Pencilan SUK 42 juga mempunyai aktiviti terhadap kedua-dua kumpulan bakteria Gram positif (seperti *B. cereus*) dan Gram negatif (seperti *S. enteriditis* dan *A. baumannii*).

Aktiviti Antibakteria oleh Pencilan SUK 12, SUK 25 dan SUK 42

Streptomyces kebangsaanensis SUK 12 merupakan pencilan baharu yang ditemui oleh kumpulan penyelidikan ini (Sarmin 2012). Pencilan baharu ini didapati menghasilkan dua sebatian metabolit sekunder iaitu tubermisin B dan sebatian baharu 6-((2-hidroksi-4-metoksifenoksi) karbonil) fenazin-1-asid karbosilik (fenazin) (Rajah 5.1). Sebatian bioaktif ini mempunyai aktiviti antibakteria terhadap *Bacillus subtilis* ATCC 6633 dengan nilai *Minimal Inhibition Concentration* (MIC) masing-masing adalah 0.3125 mg/ml dan 0.0781 mg/ml. Selain daripada itu, ujian sitotoksiti sebatian tubermisin B menunjukkan sebatian ini tidak memberi kesan toksik terhadap sel hepar jenis Chang dan Hep G2 (Sarmin 2012). Ini menunjukkan sebatian metabolit sekunder tubermisin B yang dihasilkan ini berpotensi untuk dijadikan calon antibiotik bagi merawat infeksi basilosis oleh *Bacillus subtilis*. Selain itu, *Kitasatospora zinensis* daripada koleksi pencilan SUK 42, telah terbukti menunjukkan aktiviti perencatan terhadap bakteria rintang karbapenem, *Acinetobacter baumannii* (Ismail 2015).

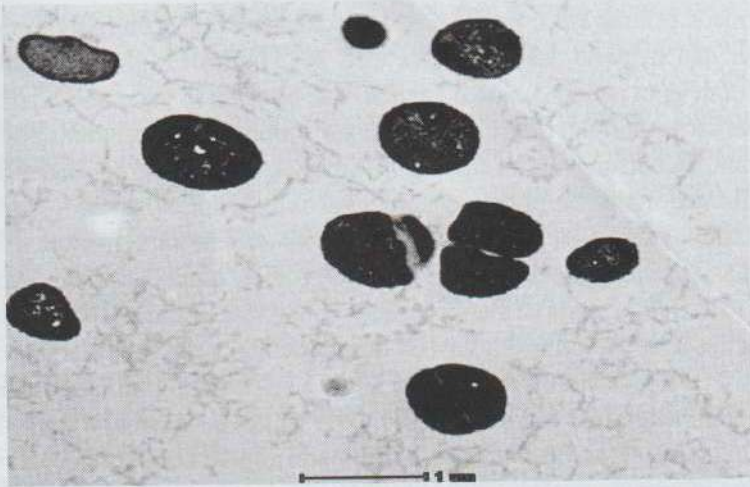


RAJAH 5.1 Sebatian fenazin-1-asid karbosilik (fenazin)

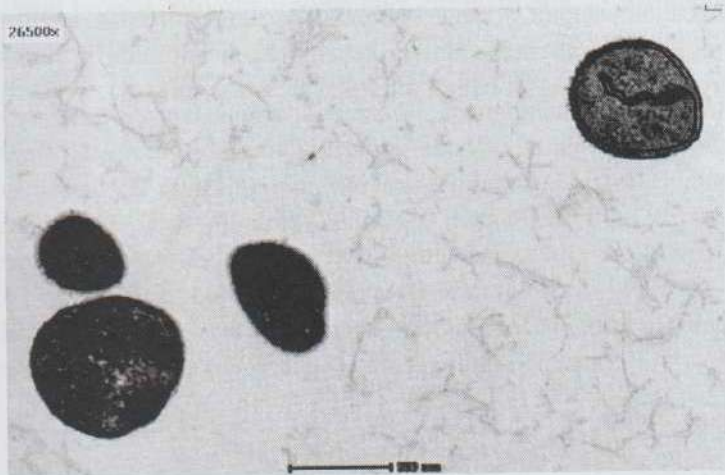
Satu lagi pencilan yang berpotensi bertindak sebagai antibakteria ialah pencilan SUK 25. Kajian yang dijalankan oleh Ahmad et al. (2015) menunjukkan pencilan ini mempunyai aktiviti perencatan terhadap pertumbuhan MRSA ATCC 43300. Foto cerapan mikroskopi elektron menunjukkan sebatian kimia daripada ekstrak kasar pencilan ini menyebabkan perubahan bentuk dinding sel MRSA ATCC 43300. Ekstrak kasar pencilan SUK 25 ini juga didapati bersifat tidak toksik pada sel hepar jenis Chang (Ahmad 2014). Oleh yang demikian, pencilan SUK 25 ini juga berpotensi untuk menghasilkan sebatian metabolit sekunder yang mempunyai ciri-ciri aktiviti anti-MRSA. Kesan pencilan ini terhadap bakteria lain tidak dijalankan.

Aktiviti Antiparasit oleh Pencilan SUK 8, SUK 10 dan SUK 17

Kajian oleh Remali (2012), menunjukkan ekstrak pencilan SUK 8 mempunyai aktiviti antiparasit tanpa memberikan kesan toksik pada sel manusia. Ekstrak pencilan SUK 8 ini mampu merencat 50% pertumbuhan *Plasmodium berghei* pada semua peringkat kitaran hidup parasit ini. Analisis GC-MS pula menunjukkan tiga struktur kimia asas yang utama



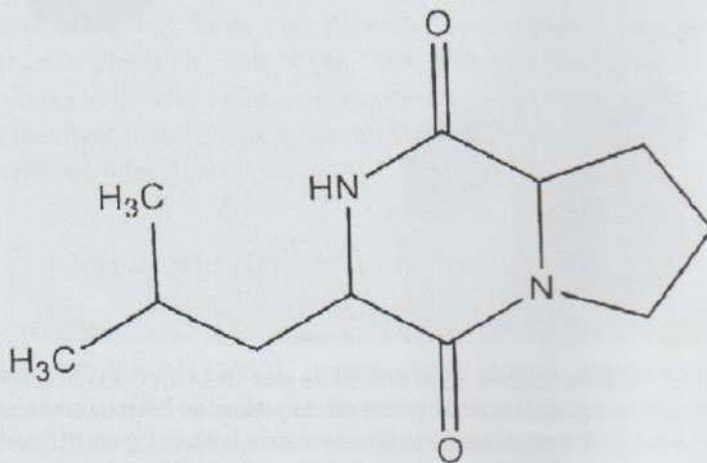
RAJAH 5.2 Tindakan ekstrak kasar SUK 25 ke atas MRSA ATCC 43300 selepas 3 jam tempoh pengeraman. Anak panah menunjukkan sel bakteria MRSA ATCC 43300 yang telah mengalami lisis. Pemerhatian adalah di bawah Mikroskop Elektron dengan magnifikasi 11 500X



RAJAH 5.3 Tindakan ekstrak kasar SUK 25 ke atas MRSA ATCC 43300 selepas 3 jam tempoh pengeraman. Anak panah menunjukkan sel bakteria MRSA ATCC 43300 yang telah mengalami lisis. Pemerhatian adalah di bawah Mikroskop Elektron dengan magnifikasi 26 500X

daripada ekstrak kasar pencilan SUK 8 adalah sikloheksana, butyl propel ester dan heptana-2,3-dione (Nasrom 2013). Hasil kajian ini adalah selari dengan penemuan oleh Tanaka et al. pada 2015 yang merekodkan sebatian 5-aminolevulinic acid (ALA) yang mempunyai struktur terbitan kumpulan berfungsi ester samada metal ester, etil ester, propel ester dan butil ester adalah berpotensi mempunyai aktiviti antiparasit.

Manakala ujian antimalaria secara *in-vivo* ke atas mencit telah dijalankan menggunakan pencilan SUK 10 oleh Baba dan rakan-rakan (2015). Beliau berjaya memencilkan sebatian Gancidin W daripada pencilan tersebut. Gancidin W yang diperolehi didapati berupaya merencat 80% *P. berghei* strain NK 65 pada kepekatan 3.125 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan dengan menggunakan kaedah ujian 4DST (ujian penekanan 4 hari). Di samping itu, sebanyak 50% ($n = 3$) daripada jumlah keseluruhan mencit kajian mempunyai kemandirian untuk hidup sehingga 11 bulan selepas diinfeksi, iaitu suatu tempoh yang hampir menyamai jangka hayat mencit normal. Sebatian Gancidin W yang dipencilkan mempunyai 2 kumpulan berfungsi keton yang terikat pada gelang piperazin, 2 atom nitrogen dan 2 kumpulan berfungsi asid amino prolin dan leusin (Rajah 5.2). Walau bagaimanapun, peranan kumpulan berfungsi ini dalam membantu meningkatkan keberkesanannya sebagai agen antimalaria terhadap *P. berghei* secara masih belum diterokai secara saintif.



RAJAH 5.4 Sebatian Gancidin W

Secara umumnya, piperazin adalah sebatian organik yang mempunyai 6 gegelang dan mengandungi 2 atom nitrogen yang terletak secara bertentangan di antara satu sama lain secara simetri. (Bin et al. 2009). Kajian lain berkaitan penghasilan dadah antimalaria seperti *klorokuin*, *mepakrine* dan *amodiakuin* juga mengandungi gegelang piperazin seperti Gancidin W. Adalah dicadangkan bahawa atom nitrogen yang terletak pada gegelang piperazin berinteraksi dengan unsur ferum pada sel darah atau heme sebelum diuraikan kepada molekul radikal bebas (Foley & Tilley 1997; Foley & Tilley 1998; Hawley et al. 1998). Selain itu, 2 molekul kumpulan metil yang terdapat pada sebatian Gancidin W dipercayai memberi peranan dalam mengurangkan penghasilan hemozin, bahan kumuhan yang dihasilkan oleh *Plasmodium* sp. setelah proses pencernaan sel darah merah (Chou & Fitch 1993, Homewood et al. 1972). Ujian enzim dan protein total yang dilakukan ke atas darah mencit yang diberi rawatan Gancidin W juga mendapati parasnya berada pada peratusan normal, selain tiada sebarang ketidaknormalan dan kecederaan pada organ-organ penting mencit kajian (seperti hati dan ginjal) di dalam ujian histologi organ tersebut.

Bagi bioasai antitrypanosoma pula, pencilan SUK 17 menunjukkan keputusan positif dengan nilai IC_{50} *Trypanosoma brucei* pencilan BS221 sebanyak 4.48 $\mu\text{g/ml}$ berbanding dengan rawatan piawai iaitu dadah komersial antitrypanosoma *pentamidin*. Penggunaan *pentamidin* dan *suramin* adalah terhad kepada peringkat awal jangkitan trypanosomiasis yang disebabkan oleh *Trypanosoma brucei gambiense* dan *Trypanosoma brucei rhodensiense* (Bouteille et al. 2003). Manakala, nilai IC_{50} sel vero (ujian toksisiti) pula adalah 60.98 $\mu\text{g/ml}$ dan indeks selektiviti ialah 13.61 (Kim 2009). Ini menunjukkan sebatian metabolit sekunder yang dihasilkan oleh pencilan SUK 17 ini adalah selamat dan tidak memberikan kesan toksik kepada tubuh dan sistem fisiologi manusia.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, melalui penemuan yang diperolehi, menunjukkan pencilan aktinobakteria ini mempunyai nilai perubatan yang boleh diterokai dan diperkembangkan. Komponen bioaktif yang terkandung di dalam pencilan aktinobakteria didapati mempunyai nilai perubatan

yang tinggi dan memberi kesan yang serupa atau lebih baik berbanding dadah sintetik yang berada di pasaran. Penerokaan potensi pencilan Aktinobakteria ini secara tidak langsung dapat membantu pengeluar produk farmaseutikal untuk lebih memfokuskan kepada penghasilan ubatan atau dadah daripada sumber semula jadi yang lebih selamat. Keadaan ini secara langsung dapat mengurangkan kebergantungan pengguna kepada dadah sintetik yang sebenarnya boleh memberikan kesan negatif terhadap kesihatan pengguna jika ia terus digunakan dalam jangka masa yang lama.

Senarai Penyumbang

Noraziah Mohamad Zin, PhD, Profesor Madya dan Ketua Program Sains Bioperubatan Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia. Beliau juga merupakan Ketua Kumpulan Penyelidikan Novel Antibiotik dan telah terlibat secara aktif dalam kajian berkaitan pencarian metabolit sekunder daripada bakteria endofit terutamanya *Streptomyces* serta pencilan novel sejak 15 tahun yang lalu. norasih.zin@ukm.edu.my.

Nik Marzuki Sidik, PhD, Profesor, di Fakulti Industri Asas Tani, Universiti Malaysia Kelantan. Kepakaran beliau mengkhusus kepada pemencilan dan pengepresan gen, bioremediasi dan juga bioenzimatik. nms@ukm.edu.my.

Jalifah Latip, PhD, Profesor Madya, di Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Kepakaran beliau adalah mengkhusus kepada Kimia organik, Kimia produk semula jadi, farmakologi, ubatan tradisional dan produk semula jadi.

Nur Faizah Abu Bakar, Pegawai penyelidik bagi Kumpulan Penyelidikan Novel Antibiotik dalam bidang mikrobiologi.

Nurul Izzah Mohd Sarmin, PhD, Mantan pelajar Universiti Kebangsaan Malaysia dan berkhidmat sebagai pensyarah di Fakulti Pergigian, Universiti Teknologi Mara.

Norazli Ghadin, Pensyarah di City Collage of Science and Technology.

Mohd Shukri Baba, PhD, Mantan pelajar Universiti Kebangsaan Malaysia dan berkhidmat sebagai pensyarah di Universiti Islam Antarabangsa Kuantan.

Norhidayah Badya, Mantan pelajar Sarjana Universiti Kebangsaan Malaysia dan berkhidmat sebagai kakitangan akademik di Universiti Sultan Zainal Abidin.

Aishah Ismail, Mantan pelajar Sarjana Universiti Kebangsaan Malaysia

Siti Junaidah Ahmad, Pelajar Doktor Falsafah Kumpulan Penyelidikan Novel Antibiotik.

Indeks

- Acinetobacter baumannii* 57
agen anti-bakteria 13, 55
 antiinfeksi 54
 antimikrob 54
 penghasil antibiotik 57
aktinobakteria endofit 18, 22, 26-27,
 31, 38, 53-54, 63
aktiviti anti-bakteria 57
 anti-parasit 58
 antiinfeksi 55, 63
 antiinfektiviti *Streptomyces* 53
 perencanaan 57-58
analisis kimotaksonomi 52
 morfologi 39
 polifasik 63
anti-bakteria 58
antibiotik 13, 18, 38
antidesma neurocarpum Miq 35
asid amino 47
 nalidisik 31
Aspergillus fumigatus 55

Bacillus subtilis 57
bakteria aerobik 14
 Bacillus subtilis 55
 dan fungus 54
 patogen 13, 56
 patogen Methicillin-resistant
 Staphylococcus aureus 14
 rintang karbapenem 57
batu loncatan 13
bentuk miselia 49
bes nukleotida 40
bidang kesihatan 63
 perubatan 13-14
Brasillia sp 36
calon antibiotik 57
cerapan mikroskopi elektron 58

dadah sintetik 62
DNA *Streptomyces* 47

ekstrak 59
 kasar pencilan SUK 8 60
 pencilan SUK 8 58

fenazin-1-asid karbosilik 57
fenotip 39, 47
filogenetik 47
filum Aktinobakteria 13
flora 26

gelenggang 32
genom 44
genomik fenotip 63
 primer 39
genotip 39
genus *Kitasatospora* 42-44, 47, 52
 Microbispora 43
 Streptomyces 41

hibridisasi DNA-DNA 15
hifa aerial 49
hutan hujan tropika 18
 simpan 26
 Simpan Bangi 26

- simpan kekal 20
- simpan kekal UKM 21
- Iguanura corniculata* 20
- infeksi salmonelosis 57
- industri farmaseutikal informasi
 - fenotip 40
- isoprenoidquinones* 17
- isu kesihatan global 13
- ixora javanica* 37
- jenis tumbuhan perubatan 22
- K. setae* KM6054 47
- kehilangan habitat 18
- kelompok gen 46
- kesan toksik 57-58
- kimotaksonomi 16
- Kitasatospora zinensis* 47
- koleksi pencilan 26, 28
- komponen bioaktif 61
- larutan sodium hipoklorit 31
- lokasi pemencilan endofit 18
 - persampelan 18-19
- makroskopi 31
- Mapania* sp. 23
- masyarakat orang Asli 27
- merawat infeksi basilosis 57
- metabolit sekunder 46, 63
- mikro-morfologi 47
- mikrob patogen 63
- mikroorganisma 40, 47
- mikroskop elektron 47
- miselia 49
 - substrat 31
- molekul radikal bebas 61
- morfologi 15, 49-51
 - pencilan aktinobakteria 32
 - rantaian spora 32
 - sporofoor 49
 - Streptomyces* endofit 31
- Naphentes gracilis* 37
- nukleotida 47
- Paedocypris* 20
- parasit 63
- pembinaan pokok filogenetik 41
- pemencilan *Actinomycetes* 31
- pencarian antibiotik novel 63
- pencilan 41
 - aktinobakteria 61
 - novel 63
 - SUK 42, *K. setae* 47
- pencirian mikroorganisma 39
 - morfologi 49
 - prokariot 15
 - spesies baharu 39
- penemuan antibiotik penicillin 53
- penghasilan metabolit primer 53
- pengkelasan fungsi hutan 21
 - pencilan baharu 63
 - taksonomi *Streptomyces* 39
- penguraian urea 49
- penjajaran gen *ssgB K. setae* KM6054 47
- pensterilan permukaan 27
- penurunan nitrat 49
- penyaringan awal 54
- peramalan gen 44
 - kelompok gen 45
- permukaan spora berjarum 49
- persampelan 27
- pertumbuhan fungus patogen 54
 - Plasmodium berghei* 58

- Piper maingayi* 35
pokok filogenetik jujukan
 gen *rpoB* 48
 Neighbour joining 42-44
Portulaca oleracea 23, 34
proses penyusunan contig 45
protein dan gen *SsgB* 47
- rantainya spora 47
 tersusun 49
rectiflexibiles 49
Rubiaceae sp 36
- S. coelicolor* 47
S. coelicolor A (32) 47
S. xanthocidicus KCTC 19978 47
sampel tumbuhan 27
Scindapsus heredaceus 25, 33
sebatian bioaktif 63
 Gancidin W 60
 metabolit sekunder
 tubermisin B 57
serangan penyakit 53
Shorea ovalis 33
sikloheksana 60
sistem fisiologi manusia 61
- spesies 13, 39-40
 baharu 42
 flora dan fauna 21
 tumbuhan 21
spora 14, 50
 pencilan 51
 Streptomyces 16
streptomycin 53
Streptomyces 14, 43
 endofit 31, 38
 kebangsaanensis 15, 43
 kebangsaanensis SUK 12 57
 sp. SUK 31 56
Streptomycetaceae 43
SUK 42 (DTG 04702) 47
sumber antibiotik 14
 antibiotik baharu 63
- taksonomi *Streptomyces* 15
Thottea grandiflora 24
- ujian anti-malaria 60
 hidrolisis 52
- veterinar 38
- Zingiber spectabile* 24, 34

AKTINOBAKTERIA SUMBER ANTIINFEKSI BAHARU SATU PENEROKAAN

Buku *Aktinobakteria Sumber Antiinfeksi Baharu: Satu Penerokaan* ini adalah himpunan hasil kajian sekumpulan penyelidik Kumpulan Penyelidikan Novel Antibiotik UKM berkenaan pencarian sumber antibiotik baharu daripada bakteria endofit yang dipencilkan daripada tumbuhan perubatan tradisional serta tumbuhan semula jadi. Kesedaran terhadap keperluan dadah baharu yang spesifik serta lebih selamat memberi satu motivasi yang besar kepada kumpulan penyelidikan ini untuk meneroka dalam pencarian metabolit sekunder yang aktif daripada sumber semula jadi. Endofitik Aktinobakteria merupakan bakteria yang kebiasaannya dijumpai pada tisu-tisu tumbuhan seperti akar, buah, daun dan batang tumbuhan yang mempunyai nilai perubatan (etnobotanikal). Kebolehan kumpulan penyelidikan ini di dalam penerokaan pencarian bakteria endofit yang berupaya menghasilkan sebatian metabolit sekunder semula jadi yang berpotensi sebagai agen antiinfeksi merupakan hasil daripada penyelidikan hampir 10 tahun. Kejayaan ini secara langsung dapat mengurangkan kebergantungan manusia terhadap dadah sintetik yang berkemungkinan besar boleh mendatangkan kesan sampingan kepada pengguna. Antara lain, keistimewaan buku ini adalah ia boleh dijadikan rujukan kepada individu yang ingin mendalami dan memahami kebaikan bakteria endofit ini dalam menghasilkan dadah alternatif baharu yang lebih selamat untuk digunakan.

NORAZIAH MOHAMAD ZIN, PhD, Profesor Madya dan Ketua Program Sains Bioperubatan Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia. Beliau juga merupakan Ketua Kumpulan Penyelidikan Novel Antibiotik dan telah terlibat secara aktif dalam kajian berkaitan pencarian metabolit sekunder daripada bakteria endofit terutamanya *Streptomyces* serta pencilan novel sejak 15 tahun yang lalu. NIK MARZUKI SIDIK, PhD, Profesor di Fakulti Industri Asas Tani, Universiti Malaysia Kelantan. Kepakaran beliau mengkhusus kepada pemencilan dan pengepresan gen, bioremediasi dan juga bioenzimatik.



<http://ukmpress.ukm.my>

