

IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH

Asep Kurnia¹

¹Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan-Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong - Bogor

Email Penulis: asep063@brin.go.id

Naskah Diterima: 8 Mei 2023/Revisi: Juni 2023 /Disetujui: Juni 2023

ABSTRAK

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu daerah penghasil timah terbesar di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi status logam berat pada air kolong dan mikroba yang potensial untuk bioremediasi di lahan pascatambang timah. Logam berat dan Cr air terdeteksi di semua lokasi ($n = 12$), sedangkan logam Pb, Cd, Mn dan Zn masing-masing terdeteksi di 4, 5, 2 dan 3 lokasi. Konsentrasi minimum logam berat tersebut tidak terdeteksi kecuali logam Cr sebesar 0,02 mg/l, sedangkan konsentrasi maksimum logam Pb, Cd, Mn, Zn dan Cr masing-masing adalah 0,06; 0,07; 0,72; 0,29; dan 0,03 mg/l. Hasil isolasi terhadap contoh tanah dari lahan pascatambang timah di Pulau Bangka menunjukkan bahwa terdapat isolat bakteri, jamur dan Azotobacter yang berpotensi meremediasi lahan tercemar logam berat. Jumlah isolat bakteri di bulk soil dan rizosfer berkisar antara 1-2 isolat, sedangkan untuk jamur baik di bulk soil maupun di rizosfer berkisar antara 1-4 isolat. Pada contoh bulk soil diperoleh isolat Azotobacter. Total koloni bakteri di bulk soil 10^6 cfu/g tanah dan jamur 10^3 cfu/g tanah, sedangkan di rizosfer berkisar antara 10^5 - 10^6 dan 10^2 cfu/g tanah masing-masing untuk bakteri dan jamur.

Kata Kunci: Lahan tambang; Air; Mikroba; Logam Berat; Bioremediasi

ABSTRACT

The Bangka Belitung Islands Province is one of the largest tin producing regions in Indonesia. The purpose of this study was to identify the status of heavy metals in pit water and potential microbes for bioremediation in post-tin mining land. Heavy metals and Cr in water were detected at all locations ($n = 12$), while Pb, Cd, Mn and Zn were detected at 4, 5, 2 and 3 locations respectively. The minimum concentration of these heavy metals was not detected except Cr metal which was 0.02 mg/l, while the maximum concentrations of Pb, Cd, Mn, Zn and Cr were 0.06; 0.07; 0.72; 0.29; and 0.03 mg/l. The results of isolation of soil samples from post-tin mining land on Bangka Island show that there are isolates of bacteria, fungi and Azotobacter which have the potential to remediate heavy metal polluted land. The number of bacterial isolates in the bulk soil and rhizosphere ranged from 1-2 isolates, while for fungi both in the bulk soil and in the rhizosphere ranged from 1-4 isolates. In the bulk soil sample, Azotobacter isolates were obtained. Total bacterial colonies in bulk soil were 10^6 cfu/g soil and 10^3 cfu/g soil for fungi, while in the rhizosphere it ranged between 10^5 - 10^6 and 10^2 cfu/g soil for bacteria and fungi respectively.

Keywords: Mining land; Water; Microbes; Heavy Metal; Bioremediation

IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH

PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu daerah penghasil timah terbesar di Indonesia. Produksi logam timah di Provinsi ini mencapai 69,19 juta ton per tahun atau senilai 1,39 miliar USD lebih, yang dihasilkan dari dua perusahaan yang berada di wilayah Babel (BPS, 2017). PT. Timah dan PT. Kobatin sebesar 27,56 % daratan Pulau Bangka merupakan areal Kuasa Penambangan (KP) timah. Luas areal PT. Timah adalah 321.577 ha dan PT. Kobatin seluas 35.063 ha. Sampai dengan pertengahan tahun 2007, jumlah KP timah mencapai 101 izin dan yang telah ditambang seluas 6.084 ha (Anonim, 2009a).

Kondisi saat ini hampir di seluruh wilayah Provinsi ini banyak terdapat ratusan bahkan ribuan hektar tanah rusak/kolong-kolong akibat penambangan yang tidak terkendali. Kolong merupakan kolam besar yang merupakan sisa penambangan timah. Berdasarkan hasil penelitian lapangan yang dilakukan PT. Timah tahun 2003, jumlah kolong pasca penambangan timah di wilayah Bangka dan Belitung sebanyak 887 kolong dengan luas 1.712,65 hektar, yang terdiri dari 544 kolong dengan luas 1.035,51 hektar di Pulau Bangka, dan sebanyak 343 kolong dengan luas 677,14 hektar di Pulau Belitung. Sebanyak 162 kolong telah dilakukan reklamasi, yakni 108 kolong di wilayah Pulau Bangka dan 54 kolong di wilayah Pulau Belitung. Sisanya, yakni sebanyak 583 kolong belum dimanfaatkan secara optimal, dan banyak ditumbuhi berbagai jenis tumbuhan liar, antara lain purun, rumbia, gelam, nipah, ilalang, cemara, sungkai dan semak belukar (Bidayani, 2009).

Dampak lain dari operasi penambangan adalah penurunan sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Penurunan sifat fisik tanah misalnya struktur tanah rusak, tekstur kasar, peka terhadap erosi, dan kemampuan memegang air rendah. Penurunan kimia tanah meliputi rendahnya pH dan kapasitas tukar kation, kejenuhan aluminium (Al), kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang tinggi, miskin unsur hara dan bahan organik serta adanya kandungan logam berat yang relatif tinggi (Amriwansyah, 1990 dalam (SITORUS et al., 2008)).

Bahaya logam berat adalah ketika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup, logam-logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam jaringan tubuh dan dapat menimbulkan efek yang membahayakan kesehatan. Kandungan logam berat Pb berlebihan pada tubuh manusia berpotensi merusak sistem jaringan syaraf pusat, gangguan pada darah, ginjal, cardiovascular, endokrin, sistem kekebalan tubuh, gangguan usus dan reproduksi pria; akumulasi logam berat Cr menyebabkan alergi kulit, gangguan mukosa, dan jangka panjang menyebabkan kanker dan mutagen; paparan Mn jangka waktu panjang gangguan sistem syaraf pusat dan gangguan Parkinson, pneumonia, Mutagen; akumulasi Cd terjadi pada jaringan otot, hati, dan ginjal. Logam berat seperti Pb dapat menyebabkan autisme, gangguan ginjal, jantung dan tekanan darah tinggi; Hg, dan Ag dapat menyebabkan minamata; Cr, Cd, dan Cu dapat bersifat karsinogenik (Nordberg et al., 2007)

Pasca penambangan timah menyisakan kolong, air asam tambang dan tailing dengan status logam berat yang tinggi. Banyaknya penambangan timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menyebabkan melimpahnya bahan cemaran logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya. Logam berat dapat menurunkan produksi dan kualitas tanaman

pertanian. Logam berat yang terbawa dalam produk pertanian secara periodik akan dikonsumsi dan membahayakan kesehatan manusia (Artanti *et al*, 2010). Sampai saat ini informasi status logam berat di dalam air masih terbatas dan bersifat parsial. Untuk itu perlu identifikasi status logam berat air serta isolasi mikroba pengakumulasi logam berat di daerah pasca tambang timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Selanjutnya apabila lahan pasca tambang tersebut akan disawahkan perlu dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan status logam berat pada padi sawah. Teknologi bioremediasi tanah berpotensi menurunkan aktivitas logam berat di dalam tanah, sehingga serapannya oleh tanaman juga menurun. Hal ini penting dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil padi sawah khususnya di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Anonim, 2009b). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi status logam berat pada air kolong dan mikroba yang potensial untuk bioremediasi di lahan pascatambang timah.

METODOLOGI

Kegiatan meliputi (1). Identifikasi status logam berat pada air di daerah pasca tambang di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, (2) Isolasi mikroba potensial untuk bioremediasi logam berat di daerah pasca tambang di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi pengambilan sampel air dan tanah rhizosfer dilaksanakan di daerah pasca tambang timah Prop. Kep. Bangka Belitung; Isolasi dan identifikasi mikroba yang berpotensi meremediasi logam berat dilaksanakan di UNPAD Bandung; Analisis logam berat air dilaksanakan di Balingtan Jakenan. Pengambilan contoh air berupa air kolong yang dimasukan ke dalam botol plastik putih dan tidak tembus cahaya sebanyak 500 ml. Preparasi contoh air di laboratorium yaitu disaring sebanyak 100 ml dengan menggunakan kertas saring whatman no 41, kemudian kandungan logam beratnya diukur dengan AAS.

Sementara tanah untuk identifikasi mikroba diambil dari sekitar perakaran tanaman atau gulma yang tumbuh pada lahan bekas tambang dimana diambil dengan menggunakan kuas dengan cara diusap-usap untuk meluruhkan tanah di bagian akar yang dialasi kertas putih kemudian dimasukan ke dalam plastik (Husen, 2004). Isolasi mikroba pengakumulasi logam berat menggunakan metode (Pümpel et al., 1995). Contoh tanah, masing-masing 10 g, disuspensikan dalam larutan glukosa 0,5%. Suspensi tanah diinkubasi di shaker inkubator selama 2 jam, kemudian diencerkan hingga 10^6 kali. Hasil pengenceran dikocok dengan vortex dan 100 ml suspensi diinokulasikan pada cawan petri berisi medium agar glukosa-ekstrak ragi (PGE) dengan komposisi media per liter 4 g peptone, 2 g glukosa, 1 g ekstrak ragi, 15 g bakto agar. Inkubasi dilakukan di dalam ruang gelap, suhu 37°C, selama 2-3 hari. Koloni yang tumbuh diremajakan pada medium agar PGE sebanyak dua ulangan, dan diinkubasi lagi seperti kondisi semula. Setelah koloni berdiameter 2-4 mm dituangkan medium nutrisi agar (NA) + logam berat yang berupa Pb, Cd, Cr, Zn, Mn di permukaan medium PGE. Kemudian biakan diinkubasi lagi pada kondisi yang sama, di ruang gelap selama 2-3 hari. Koloni bakteri yang tumbuh diberi gas H₂S di dalam desikator selama 10 menit. Bakteri yang mampu meremediasi logam berat ditunjukkan dengan ciri koloni berwarna gelap, dengan tepi koloni berbentuk zona terang. Koloni mikroba pengakumulasi logam berat diremajakan pada medium agar PGE sebanyak dua ulangan dan diinkubasi lagi

IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH

seperti kondisi semula (Yuniarti et al., 2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kandungan Logam Berat Pada Air Kolong Di Lahan Pasca Tambang Timah

Pengambilan contoh air dilakukan di sembilan lokasi lahan pasca tambang yang terletak di Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah. Lokasi pengambilan contoh-contoh tanah tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sebaran Lokasi Pengambilan Contoh Air

No.	Lokasi Pengambilan Contoh Air			Koordinat	
	Desa	Kecamatan	Kabupaten	X	Y
1	Merawang	Merawang	Bangka	106°06 045'	01°57 049'
2	Sungai Liat	Sungai Liat	Bangka	106°07 144'	01°54 273'
3	Simpang Kates	Simpang Kates	Bangka Tengah	106°03 029'	02°17 052'
4	Kimak	Merawang	Bangka	106°04 656'	01°57 978'
5	Air Duren	Pemali	Bangka	106°02 360'	01°54 575'
6	CIT	Riau Silip	Bangka	106°59 899'	01°46 504'
7	Keposang 1	Tobo Ali	Bangka Selatan	106°31 507'	03°01 001'
8	Air Hitam 1	Pangkal Pinang	Pangkal Pinang	106°08 786'	02°09 855'
9	Kayu besi	Pangkal Pinang	Pangkal Pinang	106°10 537'	02°13 452'

Hasil analisis statistik deskriptif terhadap parameter logam berat dalam air kolong menunjukkan bahwa logam berat Pb, Cd, Mn, Zn dan Cr berdistribusi tidak normal. Berdasarkan sifat sebaran data spasial, parameter semua logam berat tersebar merata (*spread out*) (VMR <1). Logam berat Cr terdeteksi di semua lokasi (n = 12), sedangkan logam Pb, Cd, Mn dan Zn masing-masing terdeteksi di 4, 5, 2 dan 3 lokasi. Konsentrasi minimum logam berat tersebut tidak terdeteksi kecuali logam Cr sebesar 0,02 mg/l, sedangkan konsentrasi maksimum logam Pb, Cd, Mn, Zn dan Cr masing-masing adalah 0,06; 0,07; 0,72; 0,29; dan 0,03 mg/l. Berarti diantara kelima logam berat yang dianalisis, logam Cr mempunyai peluang meracuni paling tinggi dibandingkan logam berat lainnya. Terdapat 3 lokasi dengan konsentrasi logam Pb melebihi batas maksimum peruntukannya untuk air minum, Sedangkan logam Cd dan Mn masing-masing terdapat di 5 dan 1 lokasi. Terdapat 3 logam berat dengan konsentrasinya melebihi batas maksimum yang ditetapkan untuk air irigasi yaitu logam Cd, Mn dan Cr masing-masing 3, 1 dan 4 lokasi (Tabel 2).

Tabel 2 Hasil Analisis Statistik Deskripsi Logam Berat Pb, Cd, Mn, Zn dan Cr Pada Air Kolong Pasca Penambangan Timah Di Kepulauan Bangka Belitung.

Nilai deskripsi statistik	Konsentrasi logam berat (mg/l)				
	Pb	Cd	Mn	Zn	Cr
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maksimum	0.06	0.07	0.72	0.29	0.03
CV (%)	191.66	164.76	342.75	202.68	22.22
Frek. Deteksi (%)	33.33	41.76	16.67	25.00	100.00
Skewness	2.4	1.3	3.5	2.2	2.0

Kurtosis	6.1	-0.2	12.0	4.5	4.0
Varian	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
VMR	0.03	0.05	0.71	0.18	0.00
RMC (Danau)	0.05	0.01	0.40	0.05	0.05
BKM (Air minum)	0.01	0.00	0.10	3.00	0.05
>RMC (Danau)	0	3	1	0	4
>BKM (Air minum)	3	5	1	0	0
>RMC Danau (%)	0	25	8	0	33
>BKM Air minum (%)	25	42	8	0	0

*VMR : Varian Mean Ratio. jika nilai VMR >1 data mengelompok tetapi jika <1 data menyebar

*RMC : Recommended Maximum Concentration (PP Nomor 22 Tahun 2021)

*BKM : Batas Konsentrasi Maksimum (Menkes RI Nomor 907/Menkes/ SK/VII/ 2002)

B. Mikroba Yang Berpotensi Meremediasi Lahan Tercemar Logam Berat

Pengambilan contoh tanah untuk kepentingan isolasi mikroba dilakukan di lima lokasi lahan pasca tambang yang terletak di Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah. Lokasi pengambilan contoh-contoh tanah tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Sebaran Lokasi Pengambilan Contoh Tanah Rizosfer

No.	Lokasi Pengambilan Contoh Tanah Rizosfer			Koordinat	
	Desa	Kecamatan	Kabupaten	X	Y
1	Merawang	Merawang	Bangka	106°06 045'	01°57 049'
2	Sungai Liat	Sungai Liat	Bangka	106°07 144'	01°54 273'
3	Simpang Kates	Simpang Kates	Bangka Tengah	106°03 029'	02°17 052'
4	Lampur	Sungai Selan	Bangka Tengah	106°02 139'	02°24 146'
5	Air Bara	Koba	Bangka Tengah	106°21 439'	02°33 367'

Contoh tanah yang digunakan untuk isolasi mikroba diambil dari rizosfer tumbuh-tumbuhan yang mampu tumbuh di daerah pasca tambang. Mikroba tanah cenderung hidup di rizosfer tumbuhan karena di rizosfer itulah banyak eksudat tanaman yang dikeluarkan oleh tumbuhan melalui akar. Eksudat-eksudat inilah yang digunakan mikroba tanah sebagai makanan bagi mereka. Diharapkan dari isolasi mikroba ini, diperoleh jenis mikroba yang telah teruji mampu hidup serta dapat memperbaiki dan memulihkan sifat-sifat tanah sebagai media hidup tanaman.

**IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI
DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH**



Gambar 1 Pengambilan Contoh Tanah Rhizosfer

Hasil isolasi terhadap contoh tanah dari lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka menunjukkan bahwa terdapat 11 isolat bakteri, 14 isolat jamur dan 4 isolat *Azotobacter* yang berpotensi meremediasi lahan tercemar logam berat. Hasil isolasi tanah baik pada rizosfer tanaman maupun pada bulk soil dari berbagai lokasi pasca tambang timah di Pulau Bangka disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. menunjukkan bahwa jumlah isolat bakteri pada masing-masing contoh tanah baik dari bulk soil maupun rizosfer berkisar antara 1-2 isolat, sedangkan untuk jamur baik di bulk soil maupun di rizosfer berkisar antara 1-4 isolat dimana sebagian diantaranya telah dimurnikan. Sementara itu isolat *Azotobacter* hanya ditemui pada contoh bulk soil yang diambil dari daerah Merawang. Dari dua contoh bulk soil yang diambil diperoleh 4 isolat murni *Azotobacter*. *Azotobacter* adalah salah satu bakteri yang mampu meremediasi tanah-tanah yang tercemar logam berat. Artanti *et al* (2010) melaporkan bahwa aplikasi *Azotobacter* yang dikombinasikan dengan FMA (Fungi Mikoriza Arbuskula) mampu menurunkan serapan Pb dan Cd tanaman padi pada tanah vertisols yang tercemar logam berat. Namun demikian pertumbuhan *Azotobacter* berjalan lambat. Hal ini diduga karena tanah telah tercemar logam berat Cd relatif parah yang ditunjukkan oleh jumlah contoh tanah yang nilainya lebih besar dari nilai MAC yaitu sebesar 96%.

Tabel 4 Hasil Isolasi Mikroba Pada Lahan Pasca Tambang Timah Di Propinsi Bangka Belitung.

Kode	Lokasi/ sumber isolat	Total bakteri	Total jamur	Jumlah isolat		
				Bakteri lain	Jamur	<i>Azotobacter</i>
1	Merawang/ Bulk soil 1	62×10^6 22×10^6	55×10^2 66×10^2	1	4 (2 belum murni)	2 (tumbuh lambat)
2	Merawang/ Bulk Soil 2	39×10^6 44×10^6	2×10^2 0×10^2	2	1	2 (tumbuh lambat)
3	Merawang/	35×10^5	33×10^2	1	2	-

	rizosfer Akasia	41×10^5	34×10^2			
4	Lumpur/rizosfer alang-alang	46×10^6 25×10^6	34×10^2 25×10^2	2	2	-
5	Simpang Kates/bulk soil	27×10^6 37×10^6	1×10^2 2×10^2	1	1	-
6	Simpang Kates/rizosfer jambu batu	39×10^6 36×10^6	10×10^2 15×10^2	2	1	-
7	Simpang Kates/rizosfer Harendong	33×10^6 41×10^6	7×10^2 8×10^2	2	3 (2 belum murni)	-
Jumlah isolat				11	14	4

Total koloni bakteri di bulk soil 10^6 cfu/g tanah dan jamur 10^3 cfu/g tanah, sedangkan di rizosfer berkisar antara 10^5 - 10^6 dan 10^2 cfu/g tanah masing-masing untuk bakteri dan jamur (Tabel 4). Menurut (Gentry et al., 2021), total koloni bakteri dan jamur pada tanah yang belum tercemar adalah 10^8 - 10^9 cfu/g tanah dan 10^5 cfu/g tanah. Hal ini menunjukkan bahwa tanah pada lahan pasca tambang telah tercemar yang ditunjukkan oleh penurunan populasi mikroba, baik bakteri maupun jamur.

Diantara sekian banyak kelompok mikroorganisme bakteri merupakan kelompok yang paling dominan dan berkembang dengan baik di dekat zone perakaran tanaman (rizosfer). Sebagian besar adalah bakteri heterotrop yang berperan dalam proses dekomposisi. Kebanyakan mikroorganisme lebih banyak dijumpai pada tanah-tanah yang ditanami dari pada yang tidak ditanami. Bakteri yang dijumpai adalah Rhizobium, Azotobacter, Azospirillum, Nitrosomonas, Pseudomonas dan Bacillus yang berperan dalam menambat nitrogen udara. Semua komponen yang bertanggung jawab dalam daur nitrogen termasuk pengikatan nitrogen secara biologi. nitrifikasi dan denitrifikasi sangat tergantung pada kegiatan mikrobial (Rachma & Umam, 2021).

KESIMPULAN

1. Logam Cr terdeteksi di semua lokasi (n = 12), sedangkan logam Pb, Cd, Mn dan Zn masing-masing terdeteksi di 4, 5, 2 dan 3 lokasi. Konsentrasi minimum logam berat tersebut tidak terdeteksi kecuali logam Cr sebesar 0,02 mg/l, sedangkan konsentrasi maksimum logam Pb, Cd, Mn, Zn dan Cr masing-masing adalah 0,06; 0,07; 0,72; 0,29; dan 0,03 mg/l.

IDENTIFIKASI LOGAM BERAT PADA AIR KOLONG DAN MIKROBA POTENSIAL UNTUK BIOREMEDIASI DI LAHAN PASCA PENAMBANGAN TIMAH

2. Hasil isolasi terhadap contoh tanah dari lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka menunjukkan bahwa terdapat isolat bakteri, jamur dan Azotobakter yang berpotensi meremidiasi lahan tercemar logam berat. Jumlah isolate bakteri di bulk soil dan rizosfer berkisar antara 1-2 isolat, sedangkan untuk jamur baik di bulk soil maupun di rizosfer berkisar antara 1-4 isolat. Pada contoh bulk soil diperoleh isolat Azotobacter. Total koloni bakteri di bulk soil 10^6 cfu/g tanah dan jamur 10^3 cfu/g tanah, sedangkan di rizosfer berkisar antara 10^5 - 10^6 dan 10^2 cfu/g tanah masing-masing untuk bakteri dan jamur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009a. *Pemanfaatan Lahan Pasca Tambang Timah*. (<http://lasonearth.wordpress.com/makalah/pemanfaatan-lahan-pasca-tambang-timah/>).
- Anonim. 2009b. Sektor Pertanian dan Kehutanan Kepulauan Bangka Belitung. (<http://www.babelprov.go.id/content/sektor-pertanian-kehutanan>).
- Artanti et al. 2010. Teknologi Bioremediasi Lahan Tercemar Cd dan Pb melalui Pemanfaatan Azotobacter dan Fungi Mikoriza Arbuskula. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 2017 <https://babel.bps.go.id/indicator/7/1004/1/ekspor-timah.html>
- Bidayani, E. 2009. Pemberdayaan Kolong Pasca Galian Tambang Timah Sebagai Usaha Perikanan Terpadu. (http://www.icsd.or.id/indexina.php?menu=show_news.php&id=21&lang=ina).
- Husen, E. 2004. Prosedur Pengambilan Contoh Tanah Untuk Analisis Mikroba. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Nordberg, G.F., B.A. Fowler, and M. Nordberg. 2007. *Handbook on the Toxicology of Metals*. Academi Press. Copenhagen.
- Pumple, T., B. Pernfu, L. Pigher, Diels, and F. Schiner. 1994. A Rapid Screening Method for The Isolation of Metal-Accumulating Microorganism. Ind. Microbiol. J. 14:213-217.
- Sitorus, S.R.P., E. Kusumastuti, dan L.N. Badri. 2008. Karakteristik dan Teknik Rehabilitasi Lahan Pasca Penambangan Timah di Pulau Bangka dan Singkep. Jurnal Tanah dan Iklim. 27 : 57-74.
- Rachman, S. 2002. Pertanian Organik. Kanisius, Yogyakarta
- Sylvia et al .1998. Princippals and Applications of Soil microbiology. Prentice Hall. Inc : New Jersey.
- Wikipedia. 2023. Kepulauan Bangka Belitung (http://id.wikipedia.org/wiki/Kepulauan_Bangka_Belitung).
- Yuniarti, E., D.N. Susilowati, dan R. Saraswati. 2008. Koleksi, Karakterisasi, dan Preservasi Mikroba Remediasi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman.