

LAPORAN TEKNIS 2015

08/AIR 2/OT 02 02/01/2016

**DATA RISET TATAGUNA LAHAN DAS I, DAERAH
TERUMBU KARANG DAN BIOREMEDIASI LAHAN
MARGINAL**

**Barokah Aliyanta, Ali Arman L., Tri Retno D.L,
Nana Mulyana, Dadang Sudradjat**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2016**

LAPORAN TEKNIS 2015

08/AIR 2/OT 02 02/01/2016

DATA RISET TATAGUNA LAHAN DAS I, DAERAH
TERUMBU KARANG DAN BIOREMEDIASI LAHAN
MARGINAL

Barokah Aliyanta, Ali Arman L., Tri Retno D.L,
Nana Mulyana, Dadang Sudradjat

Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Industri dan Lingkungan



Dr. Sugiharto, MT
NIP. 19620705 198510 1 002

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Dr. Hendig Winarno, M.Sc
NIP. 19600524 198801 1 001

Data riset tataguna lahan DAS I, daerah terumbu karang dan Bio remediasi lahan marginal

Barokah A., Ali Arman L., Tri Retno DL, Nana M., Dadang S

Abstrak

Aplikasi teknik nuklir yang berupa radionuklida jatuhan, isotop alam, dan iradiasi telah dimanfaatkan untuk mendapatkan data parameter tataguna lahan pada suatu daerah aliran sungai sebagai salah satu komponen untuk menyusun sedimen budget, kajian perubahan iklim dengan memanfaatkan terumbu karang sebagai "environmental recorder" serta uji potensi jenis fungi untuk mendegradasi lignoselosa. Sampel untuk penelitian masing-masing diambil dari tanah di daerah sub daerah aliran sungai (DAS) Ciberang, DAS Ciujung, daerah terumbu karang jenis porites di Lombok dan uji degradasi (solid state fermentation) dengan menggunakan jerami padi. Hasil pengukuran aktivitas Pb-210 excess dan Cs-137 pada sampel tanah permukaan di beberapa tataguna lahan mempunyai aktivitas bervariasi dari 1,95 s/d 44,95 Bq/kg dan 0,13 s/d 0,54 Bq/kg. Kandungan % (persen) organik karbon bervariasi juga dari kisaran 2 s/d 8,6 %, dengan kandungan tertinggi terdapat pada tataguna lahan tanaman akasia. Dari hasil pengukuran secara profil Pb-210 excess dan Cs-137 pada lokasi yang dipertimbangkan dapat dijadikan lokasi pembanding, ternyata telah mengalami gangguan yang signifikan sehingga tidak dapat digunakan sebagai lokasi pembanding dan perlu di cari tempat lain ke depannya. Sampel karang yang diperoleh pesisir Taman Nasional Lombok sebanyak 3 coring (Core I, II dan III) dengan panjang masing-masing 83,5 cm, 199 cm dan 139 cm yang setara dengan umur masing-masing 79 tahun, 168 tahun dan 80 tahun. Laju pertumbuhan rata-rata dari Core I, II dan III masing-masing adalah 10,6 mm/tahun, 11,2 mm/tahun dan 17,4 mm/tahun. Kandungan logam berat (Zn, Cr, Fe, Cu dan Pb) berfluktuasi sepanjang core karang. Perlakuan iradiasi gamma dosis rendah mampu meningkatkan aktivitas enzim Lignin Peroksidase dari *Phanerochaete chrysosporium* dan *G.lucidum*. Fungi *Phanerochaete chrysosporium* yang diradiasi dengan dosis 600 Gy memberikan aktivitas enzim LiP optimal sebesar 30 U/ml sedangkan aktivitas enzim LiP yang dihasilkan *G. lucidum* pada dosis optimal 800 Gy adalah 34 U/ml. Kemampuan degradasi lignin fungi *P. chrysosporium* sebesar 42% pada dosis 600 Gy lebih tinggi dibandingkan dengan degradasi lignin dari *G. lucidum* sebesar 21% pada dosis 800 Gy.

PENDAHULUAN

Dampak pemanasan global sudah sangat serius dan kian nyata berpengaruh dalam kehidupan. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan ribuan pulau mengalami ancaman kenaikan permukaan laut. Hal yang sama juga terjadi pada sebagian kota-kota besar yang berada di pesisir pantai (Bakosurtanal 2002). Dampak dari peningkatan suhu adalah meningkatnya frekuensi anomali iklim El-nino dan La-nina. Anomali tersebut menyebabkan terjadinya pemutihan karang (bleaching) serta penurunan kalsifikasi karang yang berakibat pada menurunnya produktivitas laut. Dampak lain dari peningkatan suhu adalah semakin sering terjadi HAB di daerah pesisir perairan Indonesia. Karang sebagai indikator lingkungan di perairan dapat memberikan informasi paleoclimate, seperti kondisi fisika dan kimia lingkungan selama masa pertumbuhannya. Perubahan lingkungan diketahui dengan perubahan densitas pada lingkaran tahun yang terbentuk pada terumbu, yang umumnya dapat dengan mudah dilihat pada karang tipe masif (Knutson et al. 1972; Davalos-Dehullu et al. 2008). Pemanfaatan karang sebagai environmental recorder telah banyak membantu

dalam memahami perubahan lingkungan dikarenakan kelebihan karang masif yang dapat menetap dan hidup dalam waktu yang cukup panjang (Lough 2010). Karang masif sebagai environmental recorder mempunyai karakteristik antara lain:

- Kronologi (dating) dari perubahan masa lampau yang tersimpan dalam lingkaran tahunan.
- Pertumbuhan yang cepat dan linier (~1-2 cm/tahun) memberikan resolusi gambaran kondisi tahunan hingga bulanan.
- Pertumbuhan beberapa koloni hingga beberapa meter akan dapat menyimpan "informasi" yang kontinu hingga ratusan tahun ke masa lampau.
- Inkorporasi dari tracer geokimia ke dalam skeleton terumbu karang akan memberikan refleksi lingkungan dari pertumbuhan terumbu karang.
- Kemampuan dalam menyimpan walaupun terumbu karang sudah dalam bentuk fosil sehingga dapat digunakan untuk rekonstruksi paleoklimat untuk jangka waktu yang lebih lama hingga jutaan tahun.

Di daerah terrestrial, dengan terbatasnya lahan di kawasan hilir untuk kegiatan pertanian, perubahan tata guna lahan di kawasan DAS hulu untuk kegiatan pertanian yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan serta dampak industry menyebabkan terjadinya pemiskinan lahan (melalui erosi dan polusi), sumber air tanah yang menipis (baik kualitas maupun kuantitas), hilangnya habitat alami dan berubahnya pola iklim baik setempat (iklim mikro) maupun iklim global (iklim makro), pencemaran lahan yang pada akhirnya berdampak juga pada daerah pesisir yaitu rusaknya kawasan terumbu karang sebagai sumberdaya kelautan. Untuk mengantisipasi kerusakan lebih lanjut dan dalam rangka prioritas remediasi daerah terdegradasi diperlukan penelitian secara holistik terkait dengan komponen dalam DAS sebagai sarana penghasil informasi untuk pengelolaan DAS secara terintegrasi. Teknik radionuklida jatuhan seperti Cs-137, Pb-210, pengukuran parameter kualitas tanah, teknik "finger printing" dan teknik radiasi dapat dijadikan sebagai alat untuk menghasilkan informasi komponen sedimen budget (laju erosi, sumber sedimen, sedimentasi daratan banjir, sedimen storage, sediment delivery ratio) suatu daerah aliran sungai, dan kajian efektifitas pemanfaatan zat renik (bakteri, fungi) dalam mendegradasi lignoselulosa.

Di dalam kegiatan penelitian ini, penerapan teknik nuklir dan radiasi diterapkan dalam 3 kegiatan penelitian besar yaitu pemanfaatan teknik radionuklida jatuhan untuk mempelajari status tata guna lahan DAS, iradiasi sampel terumbu karang dan pengukuran polutan untuk mengetahui laju pertumbuhan karang dan geokronologi polusinya serta iradiasi fungi sebagai salah satu sarana untuk tujuan remediasi lahan khususnya terkait dengan limbah lignoselulosa yang sulit didegradasi.

BAHAN dan METODE

1. Terkait penelitian terumbu karang

Terkait dengan kegiatan penelitian terumbu karang, dilakukan pengambilan sampel terumbu karang masif jenis *Porites spp* dari pesisir Lombok yang berada di kawasan Taman Nasional Laut Lombok diambil dengan menggunakan alat bor. Pengambilan sampel melalui proses pemboran dilakukan di dalam air. Alat bor yang digunakan mempunyai diameter 5 cm, panjang 50 cm dan dapat diperpanjang hingga 3 m. Pengeboran dilakukan secara vertikal dari permukaan hingga dasar karang. Diperoleh 3 core karang *Porites spp* (core I, II dan III) dengan panjang masing-masing adalah 83,5 cm, 199 cm dan 139 cm. Koordinat titik sampling dicantumkan pada Tabel 1. Sampel karang dibelah membentuk lempeng searah panjang dengan ketebalan 5 mm. Selanjutnya dibersihkan dengan *ultrasonic bath* dan dikeringkan. Lempeng disinari menggunakan radiografi sinar-X 130 KeV selama 1 detik. Hasil foto sinar-X pada film positif di-scan dengan scanner film menjadi format digital. *Coral XDS software* digunakan untuk menentukan umur dan laju pertumbuhan karang.

Berdasarkan lingkaran tahunan, dilakukan analisis kandungan logam berat dengan ICP-OES. Lempeng core karang disub-sampling menggunakan alat bor kecil (bor tangan) dan dimasukkan ke dalam vial plastik. Selanjutnya dari setiap sampel/vial ditimbang serbuk antara 20 mg – 25 mg dan ditambahkan nitrat 25% sebanyak 2 ml untuk melarutkan serbuk karang. Kemudian ditambahkan 8 ml bidest dan di ultrasonic selama 30 menit. Sampel diukur dengan alat ICP-OES Thermo iCAP7400. Pada saat bersamaan diukur sampel karang JCP-1 (*Japan Coral Porites*) yang digunakan sebagai kontrol.

Tabel 1. Data sampel karang *Porites spp* dari Taman Nasional Lombok.

Sampel	Tanggal sampling	Kordinat	Panjang sampel	Kedalaman airlaut hingga permukaan karang
Core I	29 April 2015	8 ⁰ 21'34.16" LS: 116 ⁰ 3'39.28" BT	83,5 cm	1 m
Core II	30 April 2015	8 ⁰ 21'34.16" LS: 116 ⁰ 3'39.28" BT	199 cm	2,1 m
Core III	1 Mei 2015	8 ⁰ 21'34.16" LS: 116 ⁰ 3'39.28" BT	139 cm	1,5 m



Gambar 1. Lokasi Pengambilan sampel karang Porites Sp. Di Lombok

2. Terkait dengan penelitian identifikasi tataguna lahan DAS

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel tanah secara scrap dan coring pada tata guna lahan yang ada dalam kawasan sub DAS Ciberang yang merupakan bagian dari sub DAS Ciujung . Pada tata guna lahan yang diyakini tidak mengalami erosi berarti dilakukan pengambilan sampel secara scrap dengan interval 2 cm sampai kedalaman 20 cm dan beberapa sampel coring dengan kedalaman 20 cm untuk mendapatkan nilai inventori pembandingan radionuklida jatuhan ($Cs-137$, $Pb-210$ atau $Be-7$). Pada tataguna lahan lain dilakukan pengambilan sampel secara transek dengan kedalaman 20 cm. Sampel tanah yang didapat dengan cara transek sedalam 20 cm merupakan komposit sampel (2cores) agar dapat menjamin kecukupan sampel untuk analisis radionuklida jatuhan dan analisis parameter kualitas tanah. Sampel komposit dihomogenisasi dengan dikocok-kocok dalam wadah, diambil sebanyak kurang lebih 300 gr untuk analisis parameter kualitas tanah dan sisanya diperlakukan lebih lanjut untuk analisis radionuklida jatuhan.

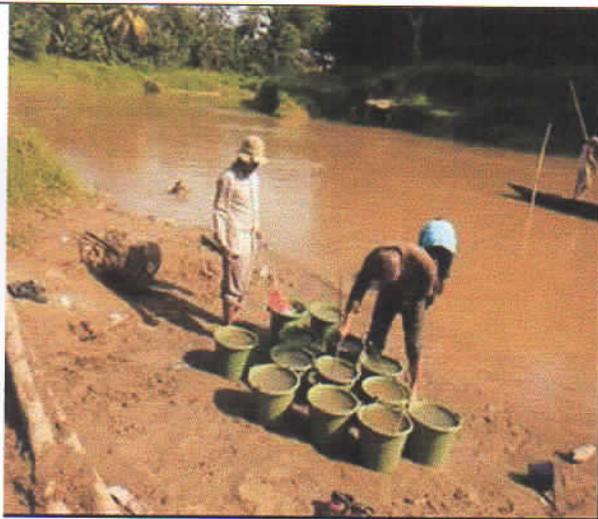
Hasil inventori dari sampel transek dibandingkan dengan inventori pembandingan. Semakin kecil nilai inventori sampel transek mengindikasikan tingkat degradasi lahan yang semakin besar. Secara kualitatif, nilai inventori sampel transek yang lebih kecil dari pembandingan menunjukkan tingkat erosi dan sebaliknya apabila lebih besar berarti deposisi. Sedangkan untuk estimasi kuantitatif tingkat erosi digunakan software RADIOCALC yang dikembangkan oleh Prof. Des Walling dari Universitas Exeter, UK. Pengambilan sampel permukaan (0-2 cm) juga dilakukan pada berbagai tata guna lahan utama dalam sub DAS Ciberang dan pengambilan sedimen suspensi pada tributari utama yang ada.



Pengambilan sampel tanah profil dengan scrap



Pengambilan sampel tanah secara transek sedalam 20 cm



Pengambilan sampel sedimen suspensi



Pengambilan sampel sedimen suspensi.

Gambar 2. Pengambilan sampel tanah dengan scrap, core dan pengambilan sampel sedimen suspensi

Sampel tanah sisa ini, dikeringanginkan, diagregasi butirannya, diayak lolos 1 mm ayakan, ditimbang sebanyak 400 gr dan ditempatkan di tabung merrineli dan ditutup rapat dan dibiarkan kurang lebih 1 bulan agar tercapai keseimbangan sekuler antara Ra-226 dan anak luruhnya. Masing-masing sampel diukur aktivitas Cs-137 dan Pb-210 excess menggunakan gamma MCA dengan relatif efisiensi 30 %.

Khusus sampel sedimen suspensi dilakukan pengeringan dengan cara dioven dengan suhu 40^o C selama 3sampai 4 hari. Sampel kering ditumbuk atau diagregasi dan diayak lolos 1 mm ayakan, ditimbang sebanyak 400 gr dan ditempatkan di tabung merrineli dan ditutup rapat dan dibiarkan kurang lebih 1 bulan.

3. Terkait dengan bioremediasi

Preparasi Kultur Fungi. Medium Dasar yang digunakan terdiri dari larutan garam mineral. Komposisi medium dasar dalam 1 liter aquades terdiri dari 1 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 1,5 g KH_2PO_4 ; 0,2 g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$; 0,2 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,2 g $MnSO_4$; 2 g yeast ekstrak. Komposisi Media dasar dimodifikasi dari Pointing (1999) [9]. Medium Lignin Agar (LA) adalah medium yang mengandung medium dasar sebanyak 1 liter, lignin alkali (Sigma) 0,25 % (w/v), 16 g agar, dan 100 mg *chloramphenicol*. Medium dimodifikasi dari Marginingrum (2001) [10]. Isolat fungi *P. chrysosporium*, dan *G. lucidum* ditumbuhkan pada tabung reaksi yang berisi 25 mL medium PDA (*Slent/ miring*). Kemudian diinkubasi 3-7 hari pada suhu 28-30°C. di tempat gelap. Viabilitas dan pertumbuhan fungi diamati.

Iradiasi Fungi. Perkembangbiakan *Phanerochaete chrysosporium*, dan *Ganoderma* sp yang berumur 3-7 hari tersebut kemudian diiradiasi sinar Gamma isotop Cobalt-60 dalam *gamma chamber* 4000A dengan laju dosis 2,1 kGy/jam. Dosis iradiasi yang digunakan adalah 0 Gy (kontrol, tanpa iradiasi); 200 Gy; 400 Gy; 600 Gy; 800 Gy dan 1000 Gy.

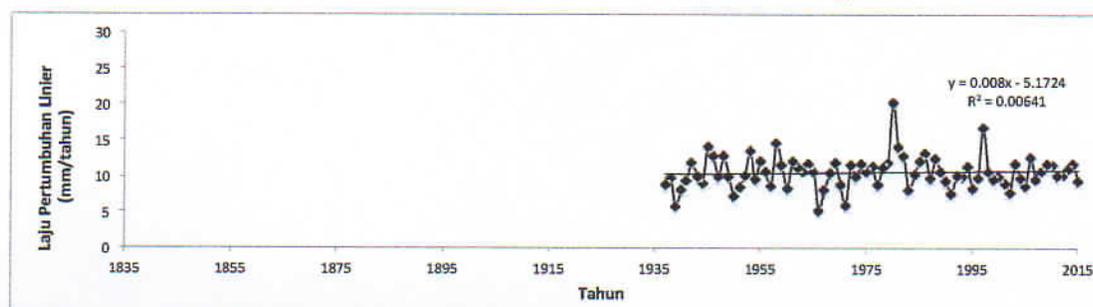
Pertumbuhan dan Aktivitas LiP Fungi Dalam Lignin Alkali (Sigma). Disiapkan botol yang berukuran 250 mL kemudian ditambahkan 30 ml larutan nutrisi dan garam mineral, ditambahkan Lignin Alkali (sigma) 0,1%. Setiap liter larutan nutrisi dan garam mineral mengandung 24 g PDB, 1 g $(NH_4)_2SO_4$, 0,5 g KH_2PO_4 , 0,5 g K_2HPO_4 dan 0,2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Semua medium SmF disterilkan dengan autoklaf pada 121 °C selama 2x15 menit kemudian didinginkan. Ke dalam 30 mL medium SmF steril diinokulasi 1 mL kultur cair fungi *Phanerochaete chrysosporium* dan *Ganoderma, sp* dengan kerapatan masing-masing sekitar 10^6 spora/mL, kemudian diinkubasi dalam shaker mekanis pada 75 rpm dan suhu ruang 28-32 °C selama 4 hari

Uji Aktivitas Enzim Lignin Peroksidase. Sebanyak 0,2 mL filtrat enzim, 0,05 mL H_2O_2 5 mM; 0,1 mL *veratril alcohol* 8 mM; 0,2 mL buffer asetat 0,05 M pH 3 dan 0,45 mL akuades dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dikocok [11]. Larutan tersebut dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 310 nm pada interval waktu 0 dan 10 menit. Satu unit aktivitas enzim LiP didefinisikan sebagai jumlah enzim yang menyebabkan perubahan 1 mikromol ($1\mu mol = 10^{-6}$) mol *veratril alcohol* per menit.

Hasil dan Pembahasan

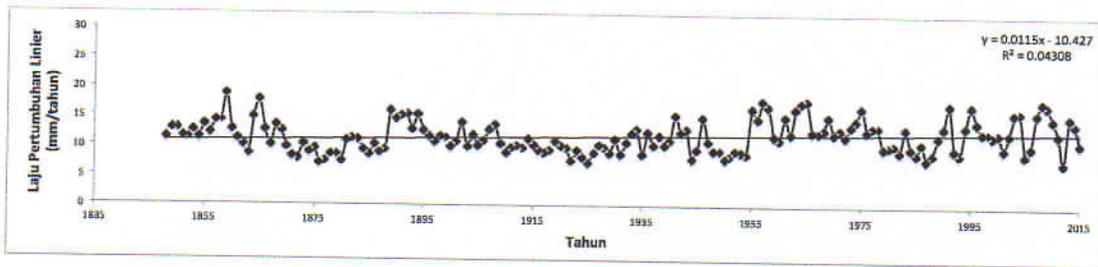
1. Terkait terumbu karang

Berdasarkan hasil radiografi sinar-x diperoleh umur dari masing-masing sampel Core I, Core II dan Core III adalah berturut-turut 79 tahun, 168 tahun dan 80 tahun. Laju pertumbuhan linier core I bervariasi dari 5,3 mm/tahun hingga 20,3 mm/tahun dengan rata-rata 10,6 mm/tahun. Laju pertumbuhan linier Core II mulai dari 7,2 mm/tahun hingga 18,8 mm/tahun dengan rata-rata 11,2 mm/tahun. Laju pertumbuhan linier Core III mulai dari 8,3 mm/tahun hingga 25 mm/tahun dengan rata-rata 17,4 mm/tahun. Laju pertumbuhan linier rata-rata Core I dan Core II tidak jauh berbeda karena lokasi pengambilan sampel dari kedua Core tersebut berdekatan. Terdapat perbedaan yang cukup besar laju pertumbuhan linier rata-rata antara Core III dan kedua Core I dan II, hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan lokasi pengambilan sampel. Core III berada pada posisi yang lebih terbuka dengan laut lepas (off-shore) dibandingkan dengan core I dan Core II. Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh kondisi perairan antara lain tingkat kecerahan air laut. Perairan yang dekat on-shore mempunyai kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan terbuka (off-shore) hal ini disebabkan adanya masukan partikel sedimen suspensi yang bersumber dari daratan. Pada kondisi perairan di pesisir Lombok (pengambilan sampel) terlihat bahwa Core I dan Core II berada pada posisi menghadap ke daratan (antara daratan dan Pulau Meno). Berdasarkan lokasi tersebut dapat dilihat bahwa Core III lebih banyak menerima aliran arus dari laut lepas yang kemungkinan mengandung lebih sedikit partikel suspensi.

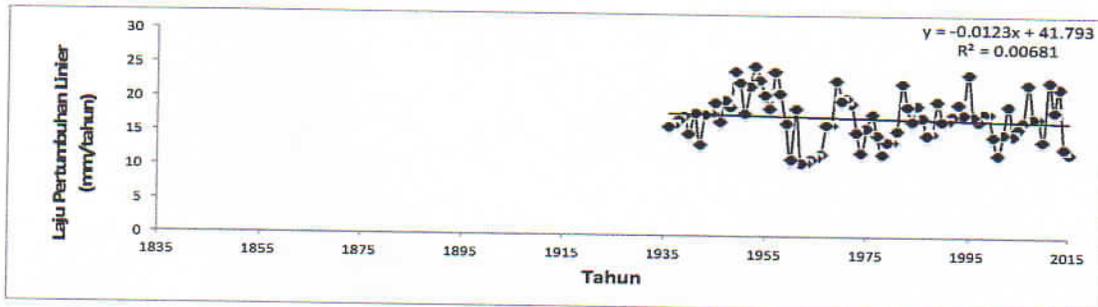


Gambar 3. Laju pertumbuhan linier karang *Porites* sampel Lombok I, rentang waktu (1936 s.d 2015).

Faktor lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang adalah adanya cahaya matahari yang diperlukan untuk proses fotosintesis. Berdasarkan kedalaman permukaan karang dari permukaan air, ketiga core menunjukkan sedikit perbedaan kedalaman sehingga faktor kedalaman dapat diabaikan.

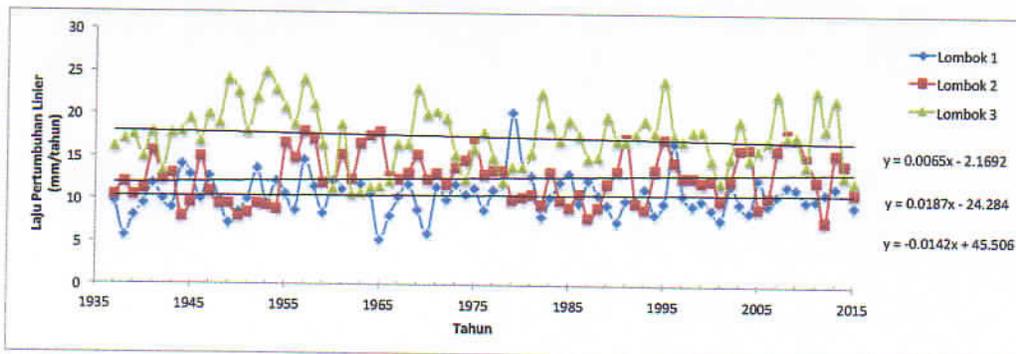


Gambar 4. Laju pertumbuhan linier karang Porites sampel Lombok II, rentang waktu (1848 s.d 2015).



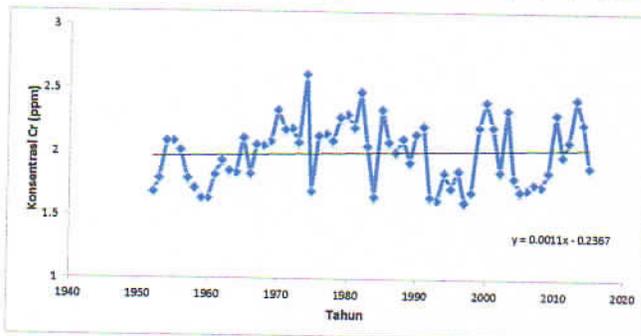
Gambar 5. Laju pertumbuhan linier karang Porites sampel Lombok III, rentang waktu (1936 s.d 2015).

Perbandingan laju pertumbuhan linier untuk ke-tiga karang Porites Lombok I, II dan III pada rentang waktu yang sama dapat dilihat pada Gambar 5. Regresi linier yang mencerminkan rata-rata laju pertumbuhan rata-rata dari masing-masing karang, terlihat bahwa Lombok III lebih tinggi dibanding Lombok I dan II, dimana Lombok I dan II terdapat hanya sedikit perbedaannya. Lombok I dan II menunjukkan kecendrungan yang sama yang menunjukkan adanya peningkatan laju pertumbuhan dari tahun 1936 s.d 2015. Berbeda dengan Lombok III yang mengalami sedikit penurunan dengan nilai kemiringan yang negatif. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh dampak perubahan iklim (kenaikan suhu muka laut) yang menyebabkan menurunnya laju pertumbuhan linier karang. Seperti disampaikan sebelumnya bahwa posisi Lombok III yang berada di laut terbuka mengalami pengaruh air laut yang dominan dari laut lepas (off-shore), sedangkan Lombok I dan II yang berada pada daerah tertutup. Berdasarkan hal tersebut pengaruh perubahan iklim lebih terlihat untuk daerah yang terbuka.



Gambar 6. Laju pertumbuhan linier karang Porites dari sampel Lombok I, II dan III dengan pemilihan rentang waktu yang sama dari 1936 s.d 2015.

Kandungan logam berat yang pada sampel karang Lombok I untuk masing-masing logam Cr, Cu, Fe, Pb dan Zn dapat dilihat pada Gambar 6, 7, 8, 9, dan 10.



Gambar 7. Variasi konsentrasi logam Cr dalam karang Lombok I berdasarkan lingkaran tahunan.

Secara umum semua logam mengalami peningkatan konsentrasi dari tahun 1936 s.d 2015, akan tetapi kenaikan yang signifikan terjadi pada logam Cu dan Fe. Logam Cr dan Pb tidak mengalami peningkatan, hanya berfluktuasi sepanjang core. Logam Cu, Fe dan Zn mengalami kenaikan yang sangat besar mulai dari sekitar tahun 1990 sampai 2015, sedangkan pada tahun sebelumnya hanya mengalami sedikit fluktuasi.

2. Terkait dengan identifikasi tataguna lahan DAS

Hasil pengukuran sampel tanah permukaan

Tabel 2. Data pengukuran aktivitas radionuklida jatuhnya sampel tanah permukaan dari tiap transek

No.	KODE SAMPEL	²¹⁰ Pb total (Bq/kg)	²¹⁰ Pb suprt (Bq/kg)	²¹⁰ Pb exess (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	keterangan	POSISI		ELEVASI dpl (m)
							S	E	
1	AF 1	51,56	6,63	44,93	0,54	akasia, rumput			
5	AF 5	27,75	4,49	23,26	0,31	slope 20° (1-2	06° 29' 25"	106°27' 27"	173
8	MHN 8	27,27	6,84	20,43	0,28	agroforestry	06° 29' 27"	106°27' 29"	156
9	KJB 9	25,19	7,19	17,99	0,37	Akasia	06° 31' 10,4"	106°22'50,	208
10	KK 10	16,85	5,97	10,88	0,16	tanm keras	06° 30' 21,7"	106°22' 21"	200
11	KS 11	19,40	6,42	12,99	0,19	bare land	06° 25' 13,7"	06°13'55,6"	56
12	KBS 12	16,09	4,36	11,73	0,33	Kel.sawit	06° 31' 07"	106°12'29,	150
13	KBS 13	11,66	6,02	5,64	0,13	Kebun olah	06° 31' 54,4"	106°13'28,	222
14	JBN 14	13,54	4,68	8,86	0,30	singkong	06° 29' 09,0"	106°22'03,	150
15	BM 15	11,66	2,82	8,84	0,24	tanmn keras	06° 34' 55,7"	106°24'28,	332
16	SJR 16	19,48	3,48	16,00	0,22	serasah, rum	06° 26' 46,8"	106°19'03,	138
17	CMN 17	31,65	5,66	26,00	0,34	rumpu, sera:	06° 29' 48,9"	106°20'46,	156
18	CMG 18	10,34	8,38	1,95	0,43	tanaman kera	06° 32' 08,0"	106°19'13,	208
19	MCG 19	30,52	5,22	25,30	0,40	rumpu & pe	06° 32' 14,2"	106°18'20,	192
							06° 32' 56,7"	106°16'03,	253

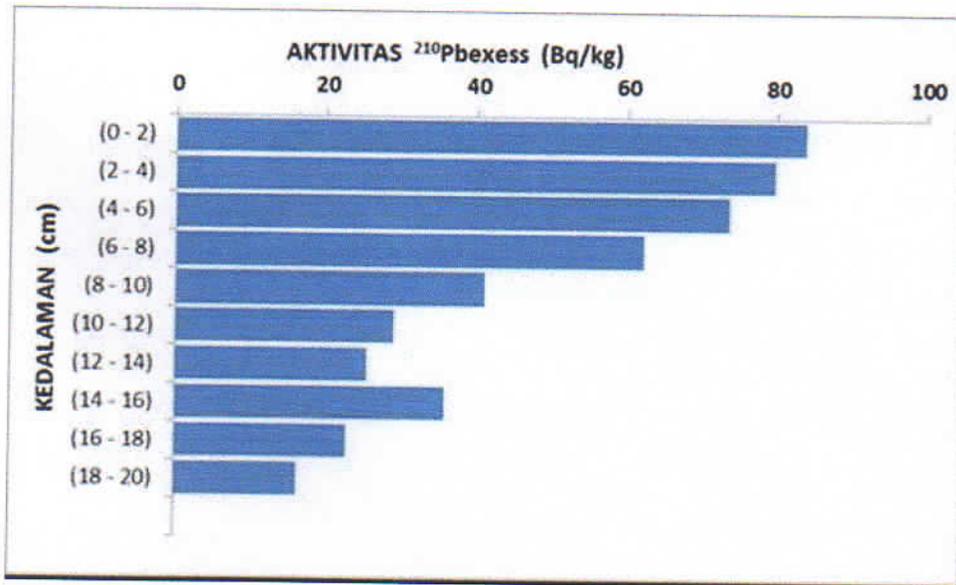
Dari Tabel 2 terlihat bahwa aktivitas radionuklida jatuhnya pada tanah permukaan bervariasi dari 0,13 Bq/kg sampai 0,54 Bq/kg untuk Cs-137 dan dari 1,95 Bq/kg sampai mendekati 45 Bq/kg untuk Pb-210 excess. Dengan analisis regresi linear antara kandungan Pb-210 excess, Cs-137 dan elevasi didapatkan nilai koefisien determinasi ($r^2 = 0,363$), sehingga dapat dikatakan tidak ada korelasi antara Pb-210 dengan Cs-137, tidak ada korelasi antara Pb-210 dengan elevasi ($r^2 = 0,0043$) maupun tidak ada korelasi antara Cs-137 dengan elevasi ($r^2 = 0,193$).

Tabel 3. Data sifat fisik dan kimia dari tanah di tataguna lahan sub DAS Ciberang

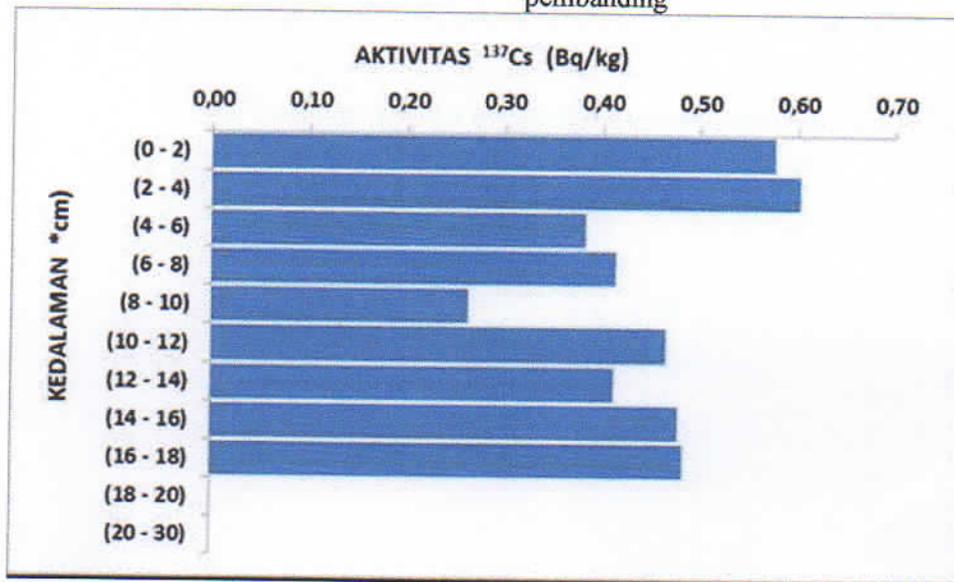
TANGGAL/TEMPAT	KODE SAMPEL	Koordinat sampel		ELEVASI (GD)	TUMBUHAN PENUTUP	KETERANGAN	Sifat Fisik dan Kimia Tanah						
		Lintang	Bujur				Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	pH	% C organik	% N total	% N2O
Desa Mungga Kec. Mungga	MNH 11	06° 21' 10.4"	106° 21' 23.0"	204	Akasia	terasa 20"	32.81	32.21	32.98	4.08	8.254	0.5867	0.3001
	MNH 12	06° 21' 10.9"	106° 21' 22.1"	208	terasa 20"	terasa 20"	32.81	32.26	32.82	4.31	8.22	0.6283	0.2634
	MNH 13	06° 21' 10.9"	106° 21' 22.2"	215	terasa 20"	terasa 20"	32.81	32.27	32.88	4.43	7.06	0.6028	0.2827
Desa Seire Kec. Ciberang	KIB 14	06° 20' 22.2"	106° 22' 21.1"	198	terasa 20"	terasa 20"	41.23	37.61	32.86	4.28	7.28	0.5282	0.2617
	KIB 15 - KIB 16 = 20 m	06° 20' 21.7"	106° 22' 21.4"	202	terasa 20"	terasa 20"	32.94	32.24	32.71	4.27	8.622	0.6128	0.2814
Desa Cimanga Kec. Cimanga	KK 26	06° 20' 12.3"	106° 19' 42.1"	26	terasa 20"	terasa 20"	32.27	40.29	32.82	4.02	4.244	0.3202	0.2818
	KK 27	06° 20' 12.8"	106° 19' 42.9"	26	terasa 20"	terasa 20"	32.21	32.24	32.34	4.96	4.816	0.3287	0.2811
	KK 28	06° 20' 13.7"	106° 19' 43.6"	48	terasa 20"	terasa 20"	32.48	34.42	34.1	4.88	3.663	0.4048	0.2835
Desa Leuwih Demar Kec. Leuwih Demar	KS 25	06° 21' 08.8"	106° 22' 30.5"	147	terasa 20"	terasa 20"	48.22	22.17	22.1	4.71	3.241	0.1743	0.2872
	KS 26	06° 21' 08.5"	106° 22' 30.2"	190	terasa 20"	terasa 20"	32.28	32.27	32.32	4.32	4.098	0.2827	0.2439
	KS 24	06° 21' 07.7"	106° 22' 29.7"	134	terasa 20"	terasa 20"	32.18	32.11	32.29	5.1	3.604	0.2274	0.2844
Desa Jombang Mulye Kec. Leuwih Demar	KES 22	06° 21' 34.4"	106° 22' 28.8"	216	terasa 20"	terasa 20"	32.73	32.24	32.38	4.28	4.72	0.3278	0.2835
	KES 23	06° 21' 34.4"	106° 22' 28.8"	222	terasa 20"	terasa 20"	32.48	32.1	32.34	4.28	3.933	0.321	0.2843
	KES 24	06° 21' 34.4"	106° 22' 28.8"	227	terasa 20"	terasa 20"	32.1	32.88	32.31	4.38	3.663	0.324	0.2843
Desa Singkong Kec. Ciberang	KES 25	06° 20' 09.0"	106° 22' 01.0"	143	terasa 20"	terasa 20"	32.84	32.21	32.3	4.34	4.32	0.321	0.2841
	KS 28	06° 20' 09.5"	106° 22' 01.7"	146	terasa 20"	terasa 20"	32.1	32.2	32.8	4.27	3.88	0.2403	0.2843
	KS 27	06° 20' 08.5"	106° 22' 01.2"	148	terasa 20"	terasa 20"	32.34	32.88	32.38	4.21	4.703	0.3289	0.2856
Desa Gunung Siring Kec. Ciberang	KS 28	06° 20' 07.3"	106° 22' 01.6"	190	terasa 20"	terasa 20"	32.33	32.27	32.34	4.23	3.532	0.2287	0.2832
	KS 29	06° 20' 08.1"	106° 22' 01.2"	183	terasa 20"	terasa 20"	32.8	32.88	32.38	4.36	3.42	0.3284	0.2838
	KS 30	06° 20' 08.0"	106° 22' 01.6"	134	terasa 20"	terasa 20"	32.83	42.86	32.21	4.42	3.582	0.3283	0.2843
Desa Banjar Sari Kec. Leuwih Demar	JBN 21	06° 21' 36.0"	106° 24' 27.0"	226	terasa 20"	terasa 20"	32	32	32	4.7	6.221	0.4871	0.2848
	JBN 22	06° 21' 35.7"	106° 24' 28.4"	332	terasa 20"	terasa 20"	32.1	32.22	40.21	4.9	6.006	0.3273	0.2831
	JBN 23	06° 21' 35.7"	106° 24' 28.4"	345	terasa 20"	terasa 20"	32.94	32.26	32.88	4.21	6.021	0.4307	0.2474
Hutan Primer Kec. Mungga	KS 1	06° 20' 11.8"	106° 19' 41.0"	277	terasa 20"	terasa 20"	32.33	32.22	32.42	3.88	2.072	0.4883	0.2294
Desa Sundur Mekar Kec. Ciberang	SMB 24	06° 20' 48.3"	106° 19' 04.9"	141	terasa 20"	terasa 20"	32.83	42.17	44.17	4.22	3.941	0.2827	0.2527
	SMB 25	06° 20' 48.3"	106° 19' 04.9"	139	terasa 20"	terasa 20"	32.83	44.22	40.33	4.7	3.29	0.6273	0.2873
	SMB 26	06° 20' 47.3"	106° 19' 03.8"	137	terasa 20"	terasa 20"	32.08	32.73	42.38	4.88	2.461	0.1825	0.2818
Desa Seire Kec. Ciberang	SIR 28	06° 20' 48.2"	106° 20' 47.2"	138	terasa 20"	terasa 20"	32.01	32.73	42.38	4.8	3.222	0.2348	1.35
	SIR 29	06° 20' 48.9"	106° 20' 48.9"	154	terasa 20"	terasa 20"	32.13	42.84	44.38	4.27	2.011	0.2885	0.2848
Desa Ciminyak Kec. Ciminyak	CMN 40	06° 21' 08.3"	106° 19' 11.6"	203	terasa 20"	terasa 20"	32.41	32.2	32.76	4.02	3.28	0.4276	0.2231
	CMN 41	06° 21' 08.0"	106° 19' 11.3"	213	terasa 20"	terasa 20"	34.29	32.25	32.81	4.49	3.962	0.3271	0.2822
Desa Ciberang Kec. Leuwih Demar	CMG 42	06° 21' 13.8"	106° 19' 57.3"	189	terasa 20"	terasa 20"	48.07	32.29	42.38	4.36	2	0.284	0.2848
	CMG 43	06° 21' 14.2"	106° 19' 58.9"	193	terasa 20"	terasa 20"	32.48	32.88	32.87	4.44	3.522	0.3283	0.2836
Desa Mungga Kec. Mungga	MCG 44	06° 21' 37.1"	106° 19' 01.1"	241	terasa 20"	terasa 20"	32.31	32.4	32.88	4.46	1.38	0.286	0.4884
	MCG 45	06° 21' 36.7"	106° 19' 01.1"	254	terasa 20"	terasa 20"	32.81	32.16	42.81	4.36	3.821	0.2827	0.2811
MCG 46				256	terasa 20"	terasa 20"	34.2	34.26	32.43	4.33	2.11	0.283	0.2878

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa kandungan % (persen) organik karbon bervariasi juga dari kisaran 2 s/d 8,6 %, dengan kandungan tertinggi terdapat pada tataguna lahan tanaman akasia. Profil aktivitas Pb-210 excess dan Cs-137 pada lokasi yang diduga dapat dijadikan sebagai lokasi pembandingan dapat dilihat pada Gambar 8a dan 8b. Dari hasil pengukuran profil Pb-210 excess dan

Cs-137 pada lokasi yang dipertimbangkan dapat dijadikan lokasi pembanding tersebut yaitu pada tataguna lahan hutan sekunder yang terletak di puncak bukit (*hilltop*), ternyata tidak dapat dijadikan sebagai lokasi pembanding. Hal ini berdasarkan pada profil yang sangat jauh dari profil ideal tanah *undisturbed*, disamping itu diperkuat juga dari kandungan % organik karbonnya yang lebih kecil dari yang lainnya.



Gambar 8a. Profil aktivitas Pb-210 excess di lokasi yang diharapkan dapat dijadikan sebagai lokasi pembanding



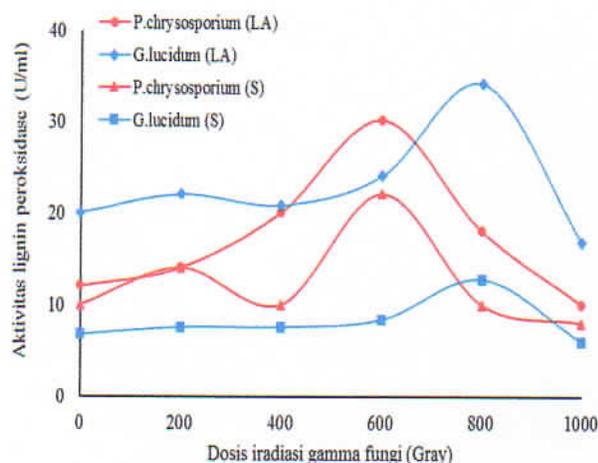
Gambar 84b. Profil aktivitas Cs-137 di lokasi yang diharapkan dapat dijadikan sebagai lokasi pembanding

3. Terkait dengan bioremediasi

Aktivitas enzim Lignin Peroksidase (LiP)

Dosis optimum radiasi sinar gamma ditentukan melalui pengujian aktivitas enzim LiP.

Aktivitas enzim LiP pada fungi *Phanerochaete chrysosporium* dan *Ganoderma lucidum* dengan dosis iradiasi 0, 200, 400, 600, 800 dan 1000 Gy dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh radiasi gamma terhadap aktivitas LiP fungi.

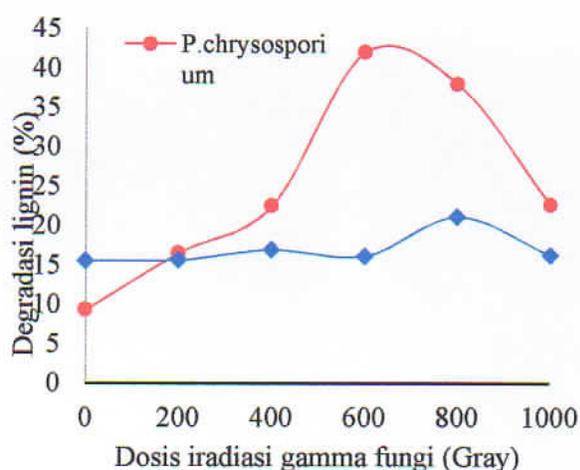
Grafik kelangsungan hidup spora *Phanerochaete chrysosporium* menunjukkan kenaikan viabilitas karena radiasi yang menstimulasi germinasi. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa radiasi gamma dapat mengubah struktur genom. Kerusakan untai ganda genom lebih efektif menggunakan perpindahan energi cahaya tinggi dari pada perpindahan energi rendah [20]. Dalam kemampuannya mendegradasi lignin, enzim peroksidase terlebih dahulu dioksidasi oleh H_2O_2 , yang juga dihasilkan oleh fungi, untuk membentuk zat antara. Zat ini selanjutnya direduksi oleh sebuah elektron dan membentuk zat kedua yang bersifat radikal. Selanjutnya zat kedua mengoksidasi substrat berikutnya dengan satu elektron sehingga siklus katalitis tersebut lengkap. Senyawa veratril alkohol merupakan metabolit sekunder yang juga dihasilkan oleh jamur. Ditemukan bahwa beberapa substrat tertentu yang tidak dapat dioksidasi oleh lignin peroksidase akan teroksidasi jika di dalam campuran inkubasi terdapat veratril alkohol. H_2O_2 dan veratril alkohol merupakan mediator dalam proses biodelignifikasi.

Analisa aktivitas enzim Lignin Peroksida (LiP) dilakukan dengan cara metode *Submerged Fermentation* dengan beda perlakuan dalam waktu 4 hari. LiP adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang aktivitasnya bergantung pada H_2O_2 . Dalam metabolismenya, fungi pelapuk putih ini memproduksi suatu zat dengan berat molekul rendah yang merupakan kofaktor atau mediator bagi kerja enzim. Mediator ini bersama sama dengan enzim lignin peroksidase akan berfungsi aktif dalam pendegradasian lignin. Mediator yang dibutuhkan oleh enzim lignin peroksidase adalah veratryl alkohol dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Penambahan H_2O_2 berfungsi sebagai reduktor yang akan mengoksidasi enzim pada keadaan awal (*resting enzyme*) dengan dua elektron membentuk senyawa intermediet I. Sedangkan penambahan *veratril alcohol* berfungsi sebagai mediator dalam reaksi redoks untuk menstimulasi oksidasi LiP pada substrat limbah organik lignoselulosa. Dengan penambahan *veratril alcohol* sebagai kosubstrat, maka ko-substrat

ini akan dioksidasi oleh peroksida menjadi suatu kation radikal yang kemudian mendegradasi lignin. Pada penambahan buffer asetat berfungsi sebagai larutan penyangga untuk mempertahankan pH pada saat terjadinya reaksi enzimatik, pada pH 3 yang merupakan pH optimum untuk menghasilkan aktifitas LiP yang maksimum. Pengukuran dilakukan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 310 nm karena jumlah veratryl aldehyd yang terbentuk dapat dibaca pada panjang gelombang tersebut. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa aktivitas enzim LiP menggunakan substrat lignin alkali lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan substrat serbuk kayu. Aktivitas enzim LiP pada *G.lucidum* lebih tinggi dengan menggunakan lignin alkali (Sigma) dibandingkan dengan menggunakan substrat serbuk kayu dengan nilai 34 U/ml pada dosis 800 Gy. Aktivitas enzim LiP pada *P.chrysosporium* menggunakan lignin alkali (Sigma) mencapai 30 U/ml pada dosis 600 Gy. Pada *P.chrysosporium* kenaikannya terlihat tidak signifikan tetapi pada dosis yang optimal *P.chrysosporium* lebih tinggi aktivitas LiP dibandingkan dengan *G.lucidum*. Sumber karbon mempengaruhi aktivitas LiP. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aktivitas LiP menggunakan lignin alkali (sigma) lebih tinggi dari pada substrat serbuk kayu, karena lignin alkali (sigma) mengandung banyak sumber karbon. Aktivitas enzim LiP tertinggi ditunjukkan oleh *G.lucidum*, aktivitas enzim ini memang lebih tinggi daripada aktivitas enzim *P.chrysosporium*.

Degradasi Lignin

Proses degradasi lignin dipengaruhi oleh pertumbuhan fungi *P.chrysosporium* dan *G.lucidum* dalam memproduksi enzim LiP yang dapat mendegradasi lignin. Degradasi lignin merupakan reaksi spontan upaya memenuhi kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan. Hasil perombakan komponen lignoselulosa ini akan dimanfaatkan oleh fungi untuk pertumbuhan yang berarti akan menekan proses degradasi lignin dan aktivitas degradasi akan terjadi kembali jika ketersediaan nutrisi dalam media berkurang.



Gambar 10. Dosis radiasi vs degradasi lignin

Perombakan kandungan lignin oleh fungi pelapuk putih akan melibatkan kerja enzim

ligninolitik yang akan menguraikan lignin menjadi karbondioksida (CO₂), enzim tersebut adalah lignin peroksidase dan mangan peroksidase. Enzim ligninolitik ini bekerja aktif dengan adanya oksigen, kunci reaksi degradasi lignin oleh fungi pelapuk putih adalah biokatalis enzim ligninase yang mengkatalis oksidasi cincin aromatik lignin untuk melepas ikatan-ikatan pada cincin aromatiknya dan membentuk radikal-radikal kation. Kemudian radikal-radikal tersebut menjalani reaksi spontan membawa kearah degradasi lignin, sebagian radikal memecah ikatan intramolekul lignin dan sebagian lagi memecah cincin aromatik.

Gambar 10 menunjukkan pengaruh radiasi sinar gamma terhadap efisiensi degradasi lignin dari fungi *P. chrysosporium* dan *G. lucidum* pada proses SSF selama 12 hari menggunakan substrat serbuk kayu jati putih. Aktivitas fungi *P. chrysosporium* pada dosis 600 Gy menghasilkan kemampuan degradasi lignin optimal sebesar 42%. Pada penelitian yang sebelumnya menyatakan bahwa degradasi lignin tongkol kapas yang difermentasi dengan *P. chrysosporium* sebesar 21% setelah difermentasi selama 4-10 hari. Sedangkan, hasil penelitian Fadilah *et al.*, (2008) yang menggunakan fungi pelapuk putih *P. chrysosporium* mampu mendegradasi lignin mencapai 81,4% pada inkubasi selama 30 hari dengan substrat batang jagung. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap efisiensi degradasi lignin. Dosis yang paling optimal dalam mendegradasi lignin pada *G. lucidum* berada pada rentang dosis 400 Gy -800 Gy. Pada rentang dosis optimal tersebut *G. lucidum* mampu mendegradasi lignin hingga 21% pada dosis 800 Gy lebih rendah jika dibandingkan dengan kemampuan degradasi lignin *P. chrysosporium*. Dilihat dari kemampuan mendegradasi lignin terhadap kedua fungi pelapuk putih tersebut *P. chrysosporium* lebih baik dalam mendegradasi lignin dibandingkan dengan *G. lucidum* yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi lignin juga tetapi tidak mengalami peningkatan atau kenaikan yang signifikan terhadap setiap dosisnya.

KESIMPULAN

Terkait terumbu karang

1. Laju pertumbuhan rata-rata karang untuk lokasi Lombok I, II dan III adalah 10,6 mm/tahun, 11,2 mm/tahun dan 17,4 mm/tahun dan umur karang adalah 79 tahun, 168 tahun dan 80 tahun. Karang yang berada di perairan terbuka mempunyai laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibanding perairan tertutup, dan juga karang di daerah terbuka mengalami penurunan laju pertumbuhan yang diakibatkan kenaikan suhu permukaan laut.
2. Konsentrasi logam berat Cr, Cu, Fe, Pb dan Zn di dalam karang mengalami peningkatan yang disebabkan peningkatan kadar polutan di kolom perairan. Peningkatan yang signifikan terjadi pada logam Cu dan Fe, dan secara keseluruhan peningkatan konsentrasi logam tersebut terjadi mulai sekitar tahun 1990 sampai sekarang.

Perlakuan iradiasi gamma dosis rendah mampu meningkatkan aktivitas enzim LiP dari *P.chrysosporium* dan *G.lucidum*. Fungi *P. chrysosporium* yang diradiasi dengan dosis 600 Gy memberikan aktivitas enzim LiP optimal sebesar 30 U/ml sedangkan aktivitas enzim LiP yang dihasilkan *G. lucidum* pada dosis optimal 800 Gy adalah 34 U/ml. Kemampuan degradasi lignin fungi *P. chrysosporium* sebesar 42% pada dosis 600 Gy lebih tinggi dibandingkan dengan degradasi lignin dari *G. lucidum* sebesar 21% pada dosis 800 Gy.

Terkait tataguna lahan DAS

1. Aktivitas Pb-210 excess dan Cs-137 tanah permukaan bervariasi dari 0,13 Bq/kg sampai 0,54 Bq/kg untuk Cs-137 dan dari 1,95 Bq/kg sampai mendekati 45 Bq/kg untuk Pb-210 excess.
2. Tidak ada korelasi antara Pb-210 dengan Cs-137 ($r^2=0,393$), tidak ada korelasi antara Pb-210 dengan elevasi ($r^2= 0,0043$) maupun tidak ada korelasi antara Cs-137 dengan elevasi ($r^2= 0,193$).
3. Profil Pb-210 excess dan Cs-137 tidak mencerminkan lokasi undisturbed dan kandungan % (persen) organik karbon yang rendah tidak dapat dijadikan sebagai lokasi pembanding. Oleh karena itu diperlukan lokasi pembanding di tempat lain dalam kawasan DAS Ciujung.

Terkait bioremediasi

1. Perlakuan iradiasi gamma dosis rendah mampu meningkatkan aktivitas enzim Lignin Peroksidase dari *Phanerochaete chrysosporium* dan *G.lucidum*.
2. Fungi *Phanerochaete chrysosporium* yang diradiasi dengan dosis 600 Gy memberikan aktivitas enzim LiP optimal sebesar 30 U/ml sedangkan aktivitas enzim LiP yang dihasilkan *G. lucidum* pada dosis optimal 800 Gy adalah 34 U/ml.
3. Kemampuan degradasi lignin fungi *P. chrysosporium* sebesar 42% pada dosis 600 Gy lebih tinggi dibandingkan dengan degradasi lignin dari *G. lucidum* sebesar 21% pada dosis 800 Gy.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Rencana Tindak DAS Ciujung", laporan Utama 1 BP DAS Ciliwung-Citarum, 2010.
2. RAFIQ, M. *et al* , "Assessment of soil losses from managed and unmanaged sites in a subcatchment of Rawal Dam, Pakistan using fallout radionuclides", In: Impact of soil conservation measures on erosion control and soil quality. IAEA-TECDOC-1665. pp. 73-85, (2011)
3. BAROKAH A. Dkk, " Pengembangan perunut dan Isotop alam dalam studi Model Sedimen budget daerah tangkapan air", Laporan teknis, PAIR-BATAN, 2014.
4. Arman, A., Zamani N.P, dan Watanabe, T., 2013 "Studi Penentuan Umur dan Laju Pertumbuhan Terumbu Karang terkait dengan Perubahan Iklim Ekstrim Menggunakan Sinar-X", Jurnal Ilmiah Isotop dan Radiasi, Vol 9, No.1, Juni 2013.

5. Charles, C.D., Hunter D. E., Fairbanks R. G., 1997, " Interaction Between the ENSO and the Asian Monsoon in a Coral Record of Tropical Climate" www.sciencemag.org, SCIENCE, VOL. 277.
6. Clark, R.B., 1986. *Marine Pollution*. Claredon Press, Oxford.
7. Helmle KP, Kohler KE, and Dodge RE. 2002. Relative optical densitometry and the Coral X-radiograph densitometry system: Coral XDS. Presented Poster, Int Soc Reef Studies European Meeting, Cambridge, England, Sept. 4-7, 2002.
8. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2008, on Co-ordinated Research Programme on Nuclear and Isotopic Studies of the El Niño Phenomenon in the Ocean. IAEA-CRP project, Marine Environmental Laboratory, Monaco.
9. I. Piri, M. Babayan, A. Tavassoli and M. Javaheri, (2011, December 30), The Use of gamma irradiation in agriculture, *African Journal of Micro. Reserch*, Vol.5 (32), pp. 5806–5811,[online], <http://www.academicjournals.org/AJMR>.
10. K. Boominathan, S.B. Das, T.A.Randall, R.L.Kelley and C.A. Reddy, (1990, Jan), Lignin peroxidase-negative mutant of the white-rot basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*, *J. of Bacteriology*, 172(1), 260 – 265.
11. Fadilah, Sperisa D, Enny Kris. A, Arif, J. 2008. Biodelignifikasi Batang Jagung Dengan Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete chrysosporium*. *Ekulilibrium*, Vol. 7 (1): 7-11.
12. Koduri,R.S. and Tien, M., (1994), Kinetic Analysis of Lignin Peroxidase: Explanation for the Mediation Phenomenon by Veratryl alcohol, *Biochemistry*, 33: 4225 – 4230.
13. Sreedhar, M., chaturvedi, A., Aparna,M., Kumar, P.D., Singhai, R.K. and Babu, V., (2013), Influence of γ -radiation stress on scavenging Enzymes Activity and Cell Ultra Structure in Groundnut (*Arachis hypogaea L.*), *Applied Science Resource*, Vol.4 No.2:35 – 44.
14. M. SIDDIQUE AWAN, NABILA TABBASAM, N. AYUB. Gamma radiation induced mutagenesis in *Aspergillus niger* to enhance its microbial fermentation activity for industrial enzyme production. *Molecular Biology Reports*. Vol. 38: 1367-1374 (2011).
15. TABASOM NASERIPOUR, SAEED NASROLLAH NEJAD, SAMMIRA SHAHBAZI, and KAMARAN RAHNAMA. Using gamma-ray to increased exoglucanase activity in *Trichoderma* and improvement of *Sclerotinia* rot of canol biocontrol. *Biological Forum – An International Journal (Special Issue 2015)* 7(2): 57-60(2015).