



DEWAN GURU BESAR IPB

PEMBANGUNAN SUMBER DAYA MANUSIA

KONSEP, STRATEGI, DAN PRASYARAT

Sumbangan Pemikiran
Asosiasi Profesor Indonesia

Editor:

D. S. Priyarsono



Penerbit IPB Press
Jalan Taman Kencana, No. 3
Kota Bogor - Indonesia

C.01/1.2020

Judul Buku:

PEMBANGUNAN SUMBER DAYA MANUSIA
KONSEP, STRATEGI, DAN PRASYARAT
Sumbangan Pemikiran Asosiasi Profesor Indonesia

Penulis:

D. S. Priyarsono | Sofian Effendi | Budimawan | Kusmiyati Kusmiyati
Gontar Alamsyah Siregar | Tamrin Tamrin | Basuki Wirjosentono | Tarkus Suganda
Muhammad Akmal Ibrahim Andi Aslinda | N. Jenny Malik T. Hardjatno
I Nyoman Sudiana | Kokom Komalasari | I Nyoman Sutantra | I Gede Arya Sugiarta
Abd. Latief Toleng | Arlina Gunarya Suryastie Soemitro Remi | Hasanuddin Tahir
Fuad Husain Akbar | Suwanto | Hariadi Kartodihardjo | Prijono Tjiptoherijanto
Hidayat Pawitan | Marsuki | Ellen J. Kumaat | Jeffrey I. Kindangen
Totok Agung Dwi Haryanto | Ervival A.M. Zuhud Teguh Soedarto | Hamidah Hendrarin
Firza Prima Aditiawan | Soewarno T. Soekarto Budy Rahmat | Nur Iriawan
Nurjanah | Asadatun Abdullah | Sunjoto | Masyhuri | Riris K. Toha Sarumpaet

Editor:

D. S. Priyarsono

Penyunting bahasa:

Bayu Nugraha

Desain Sampul & Penata Isi:

Muhamad Ade Nurdiansyah

Jumlah Halaman:

256 + xviii Halaman Romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Januari 2020

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com
www.ipbpress.com

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2020, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN REKTOR Institut Pertanian Bogor	v
KATA PENGANTAR Ketua Asosiasi Profesor Indonesia.....	ix
DAFTAR ISI	xi
BAB 1. PROLOG: URGENSI PEMBANGUNAN SDM D. S. Priyarsono	1
BAGIAN 1. KONSEP DASAR PEMBANGUNAN SDM	
BAB 2. MEMBANGUN SDM BERKUALITAS DAN BERDAYA SAING UNTUK REVOLUSI INDUSTRI 4.0 Sofian Effendi.....	5
BAB 3. (KERANGKA) MEMBANGUN SDM BERKUALITAS DAN BERDAYA SAING Budimawan	21
BAB 4. PENGEMBANGAN SDM MELALUI PENELITIAN YANG BERKUALITAS DI PERGURUAN TINGGI Kusmiyati Kusmiyati	25
BAB 5. PROGRAM STUDI GABUNGAN UNTUK MEMBANGUN SDM BERKUALITAS DAN BERDAYA SAING Gontar Alamsyah Siregar, Tamrin Tamrin, Basuki Wirjosentono	31
BAB 6. STRATEGI MEMPERSIAPKAN MAHASISWA GENERASI Z UNGGUL DI ERA DISRUPSI Tarkus Suganda	35
BAB 7. PENGEMBANGAN SDM ORGANISASI MELALUI PENGOPTIMUMAN PERILAKU EKSTRA PERAN Muhammad Akmal Ibrahim & Andi Aslinda.....	51

**BAGIAN 2. PENGEMBANGAN KARAKTER SEBAGAI STRATEGI DASAR
PEMBANGUNAN SDM**

BAB 8. PENTINGNYA MEMBANGUN MANUSIA YANG BERKARAKTER: MENJADI BERDAYA Riris K. Toha Sarumpaet	57
BAB 9. PENDIDIKAN KARAKTER UNTUK MEMBENTUK SDM YANG BERDAYA SAING GLOBAL N. Jenny Malik T. Hardjatno	81
BAB 10. PENGUATAN PENDIDIKAN KARAKTER: MENCIPTAKAN SDM UNGGUL I Nyoman Sudiana	85
BAB 11. PENDIDIKAN KARAKTER BERBASIS <i>LIVING VALUES EDUCATION</i> DALAM HABITUASI, PEMBELAJARAN, DAN PENILAIAN AUTENTIK Kokom Komalasari.....	89
BAB 12. MEMBANGUN KEBUDAYAAN DAN KARAKTER BANGSA MELALUI PENDIDIKAN YANG HOLISTIK DAN TERINTEGRASI I Nyoman Sutanttra	111
BAB 13. MEMBANGUN KARAKTER BANGSA MELALUI SENI BUDAYA I Gede Arya Sugiarta	117
BAB 15. PENGOPTIMUMAN BONUS DEMOGRAFI: STRATEGI PENINGKATAN KUALITAS SDM DAN PERTUMBUHAN EKONOMI YANG BERKUALITAS Sutyastie Soemitro Remi	183
BAB 14. DINAMIKA PENGEMBANGAN KOMPETENSI, BUDAYA, DAN KARAKTER KEBANGSAAN DI UNIVERSITAS HASANUDDIN Abd. Latief Toleng dan Arlina Gunarya.....	123
BAB 16. STRATEGI PENINGKATAN SDM BERKUALITAS DAN BERDAYA SAING DI ERA 4.0 DALAM BIDANG PELAYANAN KESEHATAN Hasanuddin Tahir dan Fuad Husain Akbar	139

BAB 17. REVITALISASI DESAIN KURIKULUM PENDIDIKAN TINGGI DALAM MEMPERSIAPKAN KUALITAS LULUSAN YANG BERORIENTASI PENGEMBANGAN SDM PERDESAAN Suwanto	145
BAGIAN 3. PRASYARAT KEBERHASILAN PEMBANGUNAN SDM	
BAB 18. KORUPSI SUMBER DAYA ALAM: IMPLIKASI BAGI KONSEP PELESTARIAN Hariadi Kartodihardjo	151
BAB 19. REFORMASI BIROKRASI Priyono Tjiptoherijanto	171
BAB 20. KEBUTUHAN ETIKA PROFESI REKAYASA DALAM PEMBANGUNAN NASIONAL INDONESIA Hidayat Pawitan	175
BAB 21. KETAHANAN EKONOMI UNTUK PERTUMBUHAN YANG BERKUALITAS Sutyastie Soemitro Remi	129
BAB 22. PEMBANGUNAN BERKUALITAS DAN PERSOALAN KESENJANGAN KEUANGAN-PERBANKAN DI INDONESIA Marsuki	193
BAB 23. KONEKTIVITAS DAN MOBILITAS UNTUK MEMPERERAT NKRI DAN KEUTUHAN BANGSA Ellen J. Kumaat & Jeffrey I. Kindangen	203
BAB 24. STRATEGI MEMBANGUN KETAHANAN EKONOMI MELALUI PERTANIAN TERINTEGRASI BERBASIS WAWASAN NUSANTARA Totok Agung Dwi Haryanto	209
BAB 25. DAULAT PENDIDIKAN, DAULAT AGRARIA DAN DAULAT ANGGARAN DESA Ervizal A.M. Zuhud	213

BAB 26. INOVASI PENGUATAN KEMANDIRIAN PANGAN DENGAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI INFORMASI Teguh Soedarto, Hamidah Hendrarini, dan Firza Prima Aditiawan	221
BAB 27. PERKEBUNAN PANGAN INDUSTRIAL Soewarno T. Soekarto.....	225
BAB 28. PENERAPAN TEKNOLOGI DEKOMPOSISI SAMPAH PEMUKIMAN MENUJU LINGKUNGAN YANG BERSIH Budy Rahmat.....	233
BAB 29. PEMANFAATAN MODEL <i>DATA DRIVEN HIERARCHY</i> DALAM PENGIDENTIFIKASIAN PENGARUH PENYALURAN KREDIT PERBANKAN DI SEKTOR PRIORITAS EKONOMI PADA PERTUMBUHAN EKONOMI DAERAH Nur Iriawan	245
BAB 30. PENGOPTIMUMAN PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN BAKU GARAM SEHAT UNTUK MENDUKUNG KEMANDIRIAN INDUSTRI GARAM NASIONAL Nurjanah dan Asadatun Abdullah	259
BAB 31. MENJAWAB TUDUHAN SAWIT MERUGIKAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN Sunjoto dan Sudradjat.....	279
BAB 32. HAMBATAN PERDAGANGAN INTERNASIONAL TEH Masyhuri	285
BAB 33. EPILOG: MENERJEMAHKAN KONSEP MENJADI KEBIJAKAN D. S. Priyarsono	293

PENERAPAN TEKNOLOGI DEKOMPOSISI SAMPAH PEMUKIMAN MENUJU LINGKUNGAN YANG BERSIH

28

Budy Rahmat
Universitas Siliwangi

LATAR BELAKANG

Pengelolaan sampah di Indonesia sebelumnya hanya bertumpu pada pendekatan kumpul-angkut-buang diubah dengan *reduce at source* dan *resource recycle* melalui penerapan 3R (*reuse, recycle, reduce*). Upaya memperkecil aliran limbah ke tempat penimbunan sementara (TPS) dan tempat penimbunan akhir (TPA) dilaksanakan dengan proses konversi sampah atau limbah tersebut melalui: (i) proses dekomposisi aerob yang menghasilkan dekomposat cair yang dinamakan pupuk organik cair (POC) dan kompos yang bermanfaat bagi tanaman; dan (ii) Proses dekomposisi termal, yaitu menguraikan bahan organik lignoselulose sampah menjadi asap cair (cuka kayu), ter dan arang (UU Nomor 18 Tahun 2008; PP Nomor 81 Tahun 2012).

Proses dekomposisi aerob memiliki beberapa keunggulan, yaitu karena mengubah bahan organik menjadi gas karbon dioksida (CO_2), air, dan panas, dan senyawa-senyawa nitrogen kompleks diubah menjadi nitrat yang menyuburkan tanah. Sementara dekomposisi anaerob yang umum terjadi di TPA mengubah bahan organik menjadi gas CO_2 , gas metana (CH_4), berbagai senyawa alkohol, dan asam lemak volatil (VFA). Dihasilkannya CH_4 menimbulkan efek pemanasan global yang lebih serius dibanding CO_2 .

Dekomposisi termal (pirolisis) juga memiliki keunggulan tersendiri karena kemampuannya untuk menguraikan secara cepat limbah dari bahan berkayu menjadi zat-zat yang bermanfaat melalui proses yang terkendali.

Tabel 28.1 Komposisi limbah pemukiman

Komponen	Bobot (kg)	Persentase (%)
Sampah makanan	6,75	50,19
Plastik	4,40	32,71
Kertas, kardus dan kayu	2,20	16,37
Logam	0,10	0,74
Total	13,45	100,00

Sumber: Rahmat *et al.* (2014a)

Kondisi ini menarik untuk dipelajari lebih jauh mengingat karakteristik sampah makanan ini adalah:

- memiliki kontribusi terbesar terhadap akumulasi volume sampah domestik di semua level, baik di rumah, TPS, hingga TPA;
- penurunan volumenya benar-benar tergantung kepada dekomposisi karena bukan merupakan bahan yang dipulung untuk didaur-ulang; dan
- dekomposisinya perlu waktu sehingga sering menjadi masalah pencemaran lingkungan (Rahmat *et al.* 2014a).

Sampah sering kali menjadi permasalahan yang sangat serius, terlebih jika sampah tersebut sudah tidak bisa dikelola dengan baik karena jumlahnya yang sangat banyak. Sampah organik sering kali dibuang oleh masyarakat ke tempat yang tidak semestinya, seperti sungai, danau, waduk, selokan, gorong-gorong dan lain sebagainya sehingga bisa merusak ekosistem karena terjadi pencemaran. Pembuangan limbah tanpa pengolahan dapat meningkatkan *Chemical Oxygen Demand* (COD). *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah oksigen yang diperlukan untuk merombak bahan organik dan anorganik. Nilai COD yang tinggi karena perombakan atau dekomposisi dan kisaran pH yang rendah (asam) dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, serta mengurangi jumlah oksigen yang ada di badan air penerima. Selain itu, derajat keasaman badan air akan semakin rendah sehingga mengakibatkan ekosistem lingkungan menjadi rusak (Pertiwi *et al.* 2014).

Dekomposisi aerob

Dekomposisi aerob adalah proses penguraian oleh mikroorganisme terhadap bahan organik (limbah makanan, limbah pertanian, daun, rumput, kayu, kotoran hewan, dan lain-lain) secara terkendali yang menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂), panas, air, dan produk yang stabil, seperti tanah yang disebut humus atau kompos. Tujuan mengelola proses dekomposisi aerob adalah untuk menciptakan dan memelihara komunitas mikroorganisme untuk efektif menguraikan bahan organik sampah.

Dekomposisi termal (pirolisis)

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal tanpa oksigen pada suhu 300 hingga 500°C terhadap bahan limbah lignoselulosa, seperti cangkang buah, tandan buah, limbah kayu, tongkol jagung, tempurung, dan lain-lain menjadi asap cair, ter, arang, dan minyak. Proses ini berfungsi utama untuk mengurai bahan organik yang sulit dilakukan oleh dekomposisi aerob. Teknologi ini merupakan pengembangan dari proses tradisional pembuatan arang secara terkendali.

Pembahasan

Reduksi sampah dengan dekomposisi aerob

Proses dekomposisi digunakan untuk mereduksi berbagai limbah padat kota, residu pertanian (jerami, sisa pakan hewan, kotoran hewan, dan lain-lain), bahan organik padat, sisa makanan, dan banyak lagi.

Pengomposan berkontribusi pada ekonomi lokal dengan mempekerjakan orang, mengubah limbah yang dihasilkan menjadi bahan bermanfaat berasal dari sumber yang tersedia lokal. Penelitian terkait dilakukan baru-baru ini ditegaskan kembali oleh Institute of Local Self-Reliance untuk setiap 10.000 ton limbah per tahun yang dikelola, jika ditimbun menciptakan satu pekerjaan, namun dengan proses pengomposan menciptakan empat pekerjaan. Pendapatan pajak dari bisnis pengomposan juga dapat digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Chardoul *et al.* 2015).

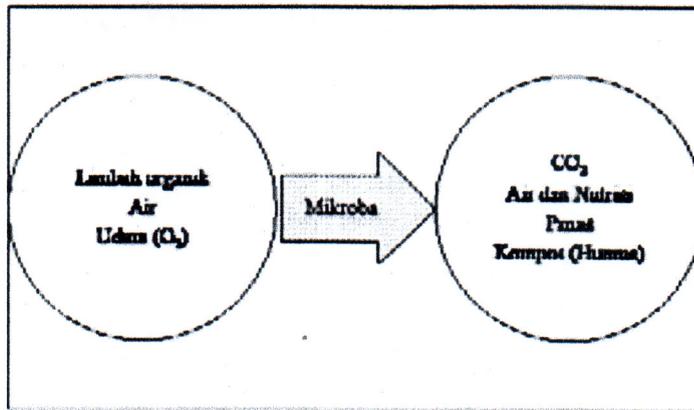
Aplikasi kompos yang diberikan ke tanah membuat tanah membangun kembali ekosistemnya yang sehat dan mengendalikan, serta mengurangi erosi tanah, menekan penyakit tanaman, memulihkan dan merehabilitasi lahan pertanian basah dan lahan ladang dengan mengurai polutan, dan mengurangi kebutuhan bahan kimia pertanian buatan. Penerapan kompos dapat mengurangi kebutuhan air irigasi hingga 30 hingga 70% dan juga mengurangi kebutuhan energi pertanian secara keseluruhan.

Karena berbasis proses aerob, pengaturan tata letak bahan yang dioperasikan secara baik tidak akan menghasilkan jumlah metana yang signifikan dan berkontribusi lebih rendah pada produksi dan pelepasan gas rumah kaca yang dapat mengubah iklim. Selain itu, studi eksperimental penerapan kompos telah menunjukkan bahwa penyerapan karbon dalam tanah meningkat 6 hingga 40 ton karbon per hektare.

Laju mikroorganisme menguraikan secara aerob bahan organik menjadi humus tergantung pada: (i) jumlah relatif karbon terhadap nitrogen dalam campuran bahan; (ii) ketersediaan oksigen dan kelembaban; (iii) faktor lingkungan lainnya seperti suhu dan faktor fisik, seperti ukuran partikel bahan sedang diproses. Tujuan keseluruhan dalam mengelola proses pengomposan adalah untuk menciptakan dan memelihara komunitas mikroorganisme yang bekerja bersama untuk menguraikan bahan organik.

Mikroorganisme yang aktif dalam proses ini, yaitu bakteri, aktinomisetes, dan fungi. Organisme lain yang berperan memecah bahan lebih mudah dicapai dan dolah oleh ketiganya, yaitu nematoda, protozoa, dan arthropoda mikro. Fungi dan aktinomisetes berperan membantu memutus ikatan kimia kompleks yang menghasilkan nutrisi yang diperlukan bakteri dan mikrofilamennya berfungsi sebagai pengangkut nutrisi.

Manajemen proses pengomposan awalnya membutuhkan campuran bahan yang tepat berdasarkan rasio karbon terhadap nitrogen (rasio C: N) dalam bahan input, pemantauan berkala, dan penyesuaian faktor-faktor, seperti kompos, kelembapan, kadar O₂ dan/atau CO₂, serta suhu. Ini adalah beberapa faktor yang secara langsung terkait dengan aktivitas mikroorganisme yang melakukan pekerjaan (Gambar 28.1).



Gambar 28.1 Diagram proses dekomposisi aerob

Pengomposan adalah proses yang dilakukan, terutama oleh mikroorganismen yang menguraikan bahan organik. Kelompok utama mikroorganismen yang aktif selama pengomposan, yaitu bakteri, actinomycetes, dan fungi. Organismen lain yang melengkapi keragaman pengurai termasuk nematoda, protozoa, dan mikro-arthropoda. Dalam spektrum yang terlihat adalah cacing tanah, arthropoda, nematoda yang lebih besar, kumbang, dan serangga pemakan detritus lainnya. Setiap kelompok beragam dengan banyak anggota keluarga yang berfungsi di bawah berbagai kondisi lingkungan.

Peran Pirolisis (dekomposisi termal) mereduksi limbah lignoselulosa

Limbah kayu berasal dari pengolahan hasil pertanian dan kehutanan pada umumnya belum tertangani secara baik. Contoh yang banyak ditemui di Kota Tasikmalaya, limbah kayu dari industri rumahan (pengrajin) mebel hanya menumpuk di tempat pembuangan sampah dan bila tidak sempat dibakar akan terangkut oleh angkutan sampah kota dan ditimbun di tempat pembuangan sampah akhir. Menurut Purwanto (2011), limbah kayu dari industri penggergajian terdiri atas sebetan kayu, potongan kayu, dan serbuk kayu masing-masing sebesar 22, 8, dan 10% dari volume kayu batangan. Angka-angka tersebut belum termasuk volume limbah yang dihasilkan pada taraf pembentukan akhir, seperti mebel, yakni serutan,

serbuk, dan potongan kayu.

Kegiatan pembakaran dan penimbunan untuk mereduksi limbah kayu (lignoselulosa) tersebut tidak selaras dengan tuntutan produksi bersih, ramah lingkungan, dan industri keberlanjutan. Pembakaran limbah kayu berdampak meningkatnya emisi gas CO₂ yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Demikian pula, penimbunan limbah biomassa di permukaan atau dalam tanah akan terjadi proses dekomposisi anaerob yang menghasilkan gas metana (CH₄) yang secara kualitatif memiliki dampak lebih kuat terhadap pemanasan global dibanding gas CO₂ (Tiilikkala dan Tiilikkala 2010; Prodest 2012).

Melimpahnya limbah lignoselulosa yang dihasilkan oleh industri pengolah kayu, penelitian konversi lignoselulosa menjadi biomaterial dan bioenergi memiliki peran yang penting karena dapat menjawab dua permasalahan sekaligus, yaitu (i) solusi bagi akumulasi limbah menuju proses produksi bersih yang bebas limbah (*zero waste*); dan (ii) memperkecil ketergantungan pada material dan energi yang berasal dari sumber yang tidak terbarukan (Rahmat *et al.* 2017).

Karbonisasi 1.000 g limbah serutan kayu jati dari kegiatan industri mebel dihasilkan asap cair, biooil, tar, dan arang dengan jumlah masing-masing 482,67 mL; 2,93 mL; 41,76; g dan 222 g. Asap cair yang dihasilkan terbukti efektif mengendalikan hama bubuk jagung (*Sitophilus zeamais*) di penyimpanan (Rahmat *et al.* 2014b).

Penelitian Rahmat *et al.* (2017) potensi kuantitas limbah berasal dari kegiatan industri mebel yang berbasis kayu campuran Kota Tasikmalaya. Data hasil observasi seperti pada Tabel 28.2.

Tabel 28.2 Perolehan limbah kayu dari industri kecil mebel

Pengrajin Mebel	Kayu Log (kg)	Bahan Mebel (kg)	Limbah Mebel		
			Serbuk gergaji kg (%)	Serpil Serutan kg (%)	Potongan kecil kg (%)
1	204	167	8,45 (5,06)	6,35 (3,80)	12,02 (7,20)
2	476	376	20,31 (5,40)	14,06 (3,74)	27,45 (7,30)
3	345	286	13,73 (4,80)	10,84 (3,79)	19,45 (6,80)
4	566	460	24,84 (5,40)	18,86 (4,10)	32,66 (7,10)
Rata-rata	-	-	5,16%	3,86%	7,1%

Maka potensi limbah kayu yang di level pengrajin mebel sebesar 16,12%. Dengan kata lain, untuk setiap 1 m³ pengolahan kayu, akan diperoleh limbah sebanyak 0,1612 m³ limbah. Persentase kuantitas limbah tersebut bila diperhitungkan dengan volume produksi kayu bulat yang dihasilkan oleh perusahaan hutan nasional saja sebesar 5.473.814 m³ (BPS 2019). Porsi terbesar di sebetan kayu, yaitu bagian kayu yang terbuang dari bagian luar glondong kayu waktu membentuk balok; kemudian disusul oleh serbuk gergaji, dan potongan kayu. Volume ini akan bertambah besar bila digunakan gergaji manual dan penarikan garis yang tidak akurat.

Setiap 1.000 g limbah kayu setelah dipirolisis dihasilkan cuka kayu, bio-oil, ter, dan arang masing-masing sebanyak 442,68 g; 4,04 g; 36,5 g; dan 251 g (Tabel 28.3).

Tabel 28.3 Produk pirolisis dari 1.000 g limbah kayu

Ulangan	Kuantitas komponen hasil			
	Arang (g)	Cuka kayu (g)	Ter (g)	Bio-oil (g)
1	274	442,68	38	4,32
2	223	430,44	37	3,72
3	256	454,92	35	4,08
Rerata	251	442,68	36,5	4,04
%berat	31,37	55,33	4,56	0,40

Pirolisis selama 90 menit terhadap 1.000 g limbah nyumplung (cangkang) kelapa muda dihasilkan: asap cair nyumplung kelapa muda (ANKM), ter, dan arang masing-masing 325 mL, 53 mL, dan 302 g. ANKM pada konsentrasi 1% sudah mulai terbukti memberikan efek menekan

pertumbuhan hifa patogen *Aspergillus flavus* dan *Penicillium italicum*, bahkan pada konsentrasi ANKM 2% sudah mampu efektif menekan penuh perkembangan hifa kedua patogen tersebut. Melihat hasil itu, efek fungisidal ANKM perlu diteliti lebih lanjut secara *in vivo* dan aplikasi pada biji-bijian dalam penyimpanan (Rahmat dan Setiawan 2019). Namun, efek beberapa jenis asap cair atau cuka kayu terhadap kelompok hama belum memberikan hasil yang memuaskan. Seperti dilaporkan Rahmat *et al.* (2014b) bahwa asap cair limbah kayu bekerja lemah sebagai larvasida, namun bekerja cukup sebagai antifee dan terhadap hama penyimpanan jagung (*Sitophilus zeamais*). Demikian pula menurut laporan penelitian Rahmat *et al.* (2015) bahwa asap cair limbah kayu mahoni bekerja sebagai repelen serangga, namun bukan sebagai insektisida bagi ulat grayak (*Spodoptera litura*).

Kesimpulan

Sampah dan limbah tanaman jauh lebih mudah dikonversi menjadi zat dan sumber energi yang bermanfaat, serta ramah lingkungan. Proses ini sinergis dengan upaya semakin kuatnya tuntutan produksi bersih dan tanpa limbah. Proses dekomposisi memiliki peran yang penting karena dapat menjawab dua permasalahan sekaligus, yaitu (i) solusi bagi akumulasi limbah menuju proses produksi bersih yang bebas limbah (*zero waste*); dan (ii) memperkecil ketergantungan pada zat dan bahan bakar yang berasal dari sumber yang tidak terbarukan.

Proses dekomposisi aerob dan pirolisis tradisional merupakan teknologi yang sudah tersedia di masyarakat. Namun, penguatan penerapan teknologi ini masih perlu diseminasi dan rekayasa inovasi hasil riset.

Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Produksi Kayu Bulat oleh Perusahaan Hak Pengusahaan Hutan Menurut Jenis Kayu, 2004–2017, Tersedia di <https://www.bps.go.id/dynamictabl>.
- Chardoul N, O'Brien K, Clawson B, Flechter M. 2015. *The Biology and Core Principles of Composting*. Compost Operator Guidebook, Michigan Recycling Coalition, p 2–7

- Kementerian Pertanian RI. 2014. Kebijakan Pembangunan Pertanian dan Pengembangan Kawasan. Diakses 12 Desember 2014, Tersedia di <http://www.pertanian.go.id/eplanning/pdf>.
- Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sejenisnya.
- Pertiwi F, Sarono, Hasanudin U, Utomo, Tanto, Pratondo. 2014. Energy Efficiency On Biogas Production From Palm Oil Mill Effluent at Thermophilic Temperatures. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian* 18(1): 11–14.
- Prodest E. 2012. Methane gas: Its Role as Greenhouse Gas. Article on *Greenhouse Gasses Professional Development Workshop*, California, April 21, 2012: 23pp.
- Purwanto D. 2011. Pembuatan Balok dan Papan dari Limbah Industri Kayu. *Jurnal Riset Industri* 5(1): 13–20.
- Rahmat B, Priyadi R, Kuswarini P. 2014a. Effectiveness of Anaerobic Digestion on Reducing Municipal Waste. *International Journal of Science and Technology Research* 3(3): 98–101.
- Rahmat B, Pangesti D, Natawijaya D, Suyadi D. 2014b. Generating Wood-waste Vinegar and Its Effectiveness as A Plant Growth Regulator and Insect Pest Repellent. *Bio Resources J* 9(4): 6350–6360.
- Rahmat B, Kurniati F, Hartini E. 2015. Mahogany Wood-waste Vinegar as Larvacide for *Spodoptera litura*. *BioResources Journal* 10(4) 6741–6750.
- Rahmat B, Natawijaya D, Setiawan W. 2016. Efektivitas Cuka Kayu Tempurung Kelapa pada Pengendalian Patogen Busuk Lunak (*Rhizopus stolonifer*) pada Buah Stroberi. *Prosiding Semnas Hasil Penelitian Pertanian VI UGM* 368–372.
- Rahmat B, Suharjadinata, Priyadi R. 2017. Effect Of Water Content And Particle Size On Sawdust Liquefaction For Adhesive Material. *International Journal of Science and Technology Research* 6(12): 114–117.

Rahmat B, Setiawan W. 2019. Produksi dan Uji Efektivitas Asap Cair Nyemplung Kelapa Muda terhadap Patogen Biji Kedelai (*Aspergillus flavus* dan *Penicillium italicum*). *Prosiding Semnas Hasil Pen. Pertanian IX UGM* 368–372.

Tiilikkala K, Fagnäs L, Tiilikkala J. 2010, History and Use of Wood Pyrolysis Liquids as Biocide and Plant Protection Product. *The Open Agriculture Journal* 4(-): 111–118.

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.