

KAJIAN TEKNOLOGI PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI LIMBAH CAIR PRA PENYAMAKAN KULIT PASCA IRADIASI

Herry Poernomo

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb Yogyakarta 55281

Tel. (0274) 484436, Fax. (0274) 487824, E-mail : herry_poernomo05@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian teknologi pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi. Tujuan kajian ini adalah untuk mendapatkan metoda pembuatan pupuk organik cair dari hasil iradiasi limbah cair pra penyamakan kulit dengan iradiasi berkas elektron. Proses iradiasi pada limbah cair pra penyamakan kulit adalah untuk detoksifikasi H₂S, desinfeksi bakteri patogen, dan dekomposisi senyawa organik (protein) agar nisbah C/N tereduksi sekitar 30. Hasil kajian menunjukkan bahwa limbah cair pasca iradiasi yang mengandung unsur hara makro dapat dikonversi menjadi pupuk organik cair secara fermentasi aerob menggunakan mikroorganisme efektif.

Kata kunci : limbah cair, pra penyamakan kulit, iradiasi, pupuk organik cair

ABSTRACT

Study of manufacture technology of liquid organic fertilizer from liquid waste of pre-tannery post irradiation has been arranged. The objective is to obtain method of liquid organic fertilizer manufacture from irradiation result of liquid waste using electron beam. Irradiation proces on liquid waste of pre-tannery is for detoxification of H₂S, desinfection of pathogen bacteria, and decomposition of organic compound (protein) so that C/N ratio lessened about 30. Result of study indicate that liquid waste of pre-tannery post irradiation contain of macro nutrition can be converted into liquid organic fertilizer by aerob fermentation method by using effective microorganism.

Keywords : liquid waste, pre tannery, irradiation, liquid organic fertilizer

PENDAHULUAN

Distribusi pupuk kimia anorganik bersubsidi seperti urea, ZA, TSP, KCl yang dipasarkan di Indonesia hampir setiap tahun selalu terjadi kenaikan harga sampai pada tingkat yang memberatkan para petani. Hal ini secara langsung akan meningkatkan biaya produksi tanaman pangan, sehingga pendapatan para petani akan semakin turun. Lambat laun para petani akan banyak yang beralih ke pemakaian pupuk organik (kompos) untuk meningkatkan produktifitas tanaman pangan.

Efek globalisasi ekonomi dan penerapan tarif di dunia saat ini berdampak pada berbagai kebijakan Pemerintah telah secara bertahap mengurangi berbagai subsidi seperti bahan bakar minyak. Pada suatu saat nanti subsidi harga pupuk kimia anorganik pelan tapi pasti akan dikurangi secara bertahap dan kemudian akan dihapus sama sekali oleh pemerintah. Dengan pengurangan dan penghapusan subsidi harga pupuk kimia anorganik, maka harganya makin memberatkan para petani.

Gerakan dari para pecinta lingkungan, terutama juga pengaruh globalisasi mulai berperan dan ikut campur dalam mengembalikan pola pikir para penentu kebijakan dan para praktisi di lapangan untuk menggunakan produk yang lebih berbasis kembali ke alam (*back to nature*) dan ramah lingkungan^[1].

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka pupuk organik cair mulai mendapat perhatian sebagai alternatif yang *cost-effective* dan *environmentally sound* untuk proses stabilisasi dan pembuangan akhir dari limbah cair. Semakin ketatnya peraturan tentang polusi udara dan air yang masing-masing untuk mendukung program langit biru dan program kali bersih (prokasih), maka telah mendorong pengembangan proses pembuatan pupuk organik cair (POC) atau kompos cair dari limbah pertanian, peternakan, dan industri sebagai suatu opsi yang *viabile* dari *wastes management* secara umum, khususnya *wastewater management*^[1].

Proses pengomposan itu sendiri merupakan biodegradasi dari bahan organik menjadi suatu

produk yang stabil. Proses pengomposan yang sempurna akan menghasilkan produk yang tidak mengganggu baik selama penyimpanan maupun aplikasinya, seperti bau busuk, bakteri patogen. Selama proses pengomposan, temperatur akan mencapai range pasteurization dari 50°C - 70°C, sehingga bakteri patogen dari *wastewater sludge* (jika dari pengolahan limbah domestik atau municipal) akan mati^[1].

Meskipun proses pengomposan dapat berlangsung dalam kondisi aerobik maupun anaerobik, proses aerobik lebih cocok diaplikasikan pada pengomposan dari *wastewater sludge*, terutama dari municipal. Proses pengomposan aerobik lebih mempercepat proses penguraian dan berlangsung pada temperatur yang relatif tinggi sehingga sekaligus berguna untuk menghilangkan bakteri patogen yang berasal dari kotoran manusia. Disamping itu pengomposan aerobik juga meminimalkan potensi bau yang ditimbulkan^[1].

Secara umum kompos sangat bermanfaat sebagai *soil conditioner* dengan adanya kandungan bahan organik yang tinggi, karena sifat kestabilannya maka bahan organik dalam kompos akan terdegradasi secara perlahan dan tertahan secara efektif untuk waktu yang lebih lama dibandingkan bahan organik dari limbah yang belum dikomposkan. Kandungan makro dan mikro nutrisi yang berasal dari *wastewater sludge* sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman, baik perkebunan, pertanian maupun hortikultura & hobbies. Disamping itu produk kompos juga akan meningkatkan kualitas tanah yang berpasir, tanah liat maupun kondisi tanah yang telah jenuh (*more balance soils*). Sedangkan dari sisi mikrobanya, aplikasi kompos sangat bermanfaat untuk reklamasi dari tanah yang telah kehilangan atau rusak top soilnya, seperti akibat cutting-filling pada pembukaan lahan untuk industri dan *real-estate*, akibat aktivitas pertambangan terbuka atau pada tanah yang sebelumnya terlalu banyak menggunakan pupuk kimia karena akan meningkatkan populasi mikroba tanah yang berfungsi untuk penyediaan nutrisi yang siap diserap oleh akar tanaman^[1].

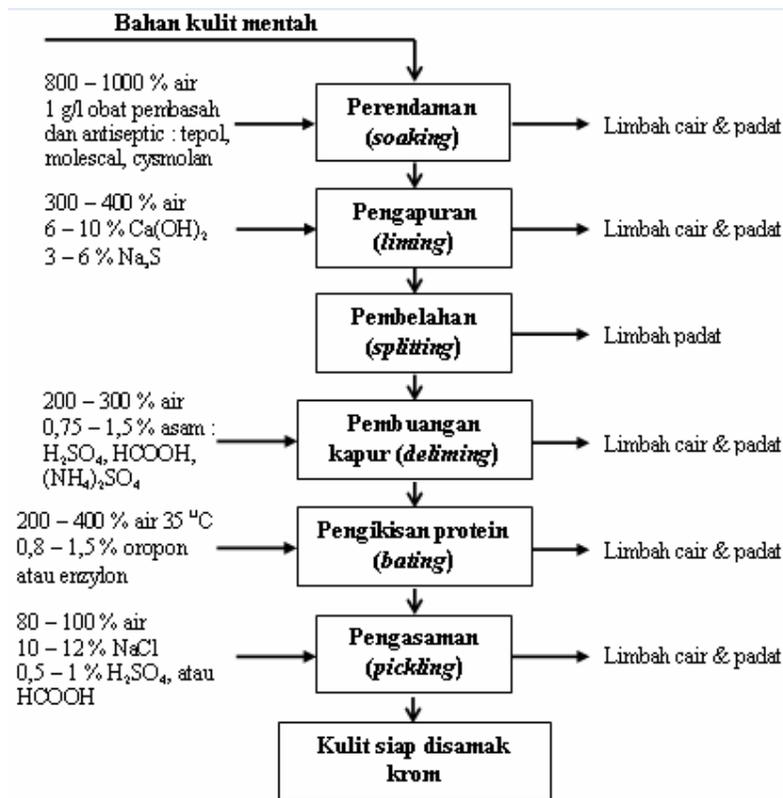
Aktivitas perkembangan industri, khususnya industri penyamakan kulit dan industri pengolahan ke depan tentu akan membawa dampak negatif yaitu beban badan sungai dalam menerima buangan limbah cair akan semakin berat. Dari asumsi pertumbuhan ekonomi nasional sekitar 7% per tahun, maka limbah cair yang ditimbulkan dari industri penyamakan kulit dan industri pengolahan di Indonesia dapat diprediksi akan meningkat terus. Peningkatan limbah cair dari industri tersebut dapat dijadikan sebagai jaminan kesinambungan bahan

baku untuk pembuatan POC yang dapat menggantikan peran pupuk kimia anorganik yang tidak ramah lingkungan dan harganya akan semakin tinggi akibat pengurangan dan penghapusan subsidi. Dengan demikian ke depan pemanfaatan POC dari limbah cair yang mengandung unsur hara makro dan mikro dari industri pengolahan diharapkan dapat menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan dan sekaligus mendukung substitusi pupuk kimia anorganik buatan pabrik dengan pupuk organik cair yang ramah lingkungan^[1].

Sebagian besar industri penyamakan kulit melakukan pembersihan limbah cair dari hasil ekualisasi yaitu campuran dari limbah cair pra penyamakan kulit (*pre tanning*) secara proses pengerjaan basah (*beam house process*) dan proses penyamakan kulit dengan krom (*chrome tanning*). Umumnya proses pengerjaan basah di industri pengolahan kulit dapat dijelaskan seperti pada Gambar 1^[2].

Limbah cair yang ditimbulkan dari *pre tanning* secara proses pengerjaan basah menimbulkan volume limbah sekitar 25 l/kg kulit mentah. Kemudian kelanjutan dari proses pengerjaan basah adalah proses penyamakan kulit dengan krom yang menimbulkan limbah cair sebanyak sekitar 5 l/kg kulit mentah. Limbah cair dari proses *pre tanning* sangat berpotensi menimbulkan gas H₂S polutan toksis yang berbau seperti telur busuk. Namun demikian limbah cair dari proses *pre tanning* justru banyak mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (NH₄⁺) dari proses pengikisan protein pada kulit (*bating*) dan dari proses pembuangan kapur pada kulit (*deliming*), kalsium (Ca²⁺) dari proses pengapuran kulit (*liming*), sulfur (SO₄²⁻) dari proses pembuangan kapur pada kulit (*deliming*), serta klorida Cl dari proses pengasaman kulit (*pickling*). Efluen limbah dari pabrik pengolahan kulit di Indonesia mengandung unsur hara makro N (NH₄⁺) sebesar 91,52 - 217,3 mg/l dan S (SO₄²⁻) sebesar 11,6 - 147,2 mg/l^[1]. Kedua unsur tersebut merupakan unsur hara makro yang apabila dapat bergabung akan menjadi (NH₄)₂SO₄ atau disebut pupuk ZA (*Zwavelzuure Ammonium*). Sedangkan unsur hara Ca²⁺ dan SO₄²⁻ dapat membentuk zat pembawa (*carrier*) CaSO₄ pada pupuk double superphosphate (DP) dengan unsur hara fosfor (P)^[3].

Berdasarkan kandungan unsur hara makro seperti NH₄⁺, P₂O₅, SO₄²⁻, Ca²⁺ yang cukup besar dalam limbah cair dari proses *pre tanning* pada industri pengolahan kulit, maka limbah cair dapat dibuat menjadi pupuk organik cair. Proses pembuatan pupuk organik cair dilakukan dengan mengiradiasi limbah cair dari proses *pre tanning*



Gambar 1. Diagram alir proses pra penyamakan kulit ^[2]

menggunakan berkas elektron. Iradiasi berkas elektron akan mendetoksifikasi gas H_2S toksik menjadi SO_2 yang bereaksi dengan H_2O , O_2 , dan NH_3 hasil degradasi protein dalam limbah cair oleh berkas elektron menjadi $(NH_4)_2SO_4$ yang berfungsi sebagai bahan baku pupuk ZA.

TEORI

Pupuk Organik

Penggunaan pupuk di dunia terus meningkat sesuai dengan pertambahan luas areal pertanian, pertambahan penduduk, kenaikan tingkat intensifikasi tanaman pangan serta makin beragamnya penggunaan pupuk sebagai usaha peningkatan hasil pertanian. Para ahli lingkungan hidup khawatir dengan pemakaian pupuk kimia anorganik yang berasal dari pabrik ini akan menambah tingkat polusi tanah yang akhirnya berpengaruh juga terhadap kesehatan manusia^[3].

Berdasarkan hal tersebut makin berkembang alasan untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia anorganik dan agar pembuatan pabrik-pabrik pupuk kimia anorganik di dunia dikurangi atau diganti

dengan pembuatan pupuk organik agar manusia bisa terhindar dari malapetaka akibat akumulasi polusi. Upaya pembudidayaan tanaman dengan pertanian organik merupakan usaha untuk dapat mendapatkan bahan makanan tanpa penggunaan pupuk kimia anorganik. Dengan sistem ini diharapkan tanaman dapat hidup tanpa ada masukan dari luar sehingga dalam kehidupan tanaman terdapat suatu siklus hidup yang tertutup^[3].

Banyak sifat baik pupuk organik cair terhadap kesuburan tanah antara lain ialah :

1. Bahan organik dalam proses mineralisasi akan melepaskan hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil.
2. Memperbaiki kehidupan biologi tanah (baik hewan tingkat tinggi maupun tingkat rendah) menjadi lebih baik karena ketersediaan makan lebih terjamin.
3. Dapat meningkatkan daya sangga (*buffering capacity*) terhadap guncangan perubahan drastis sifat tanah.

4. Mengandung mikrobia dalam jumlah cukup yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik.

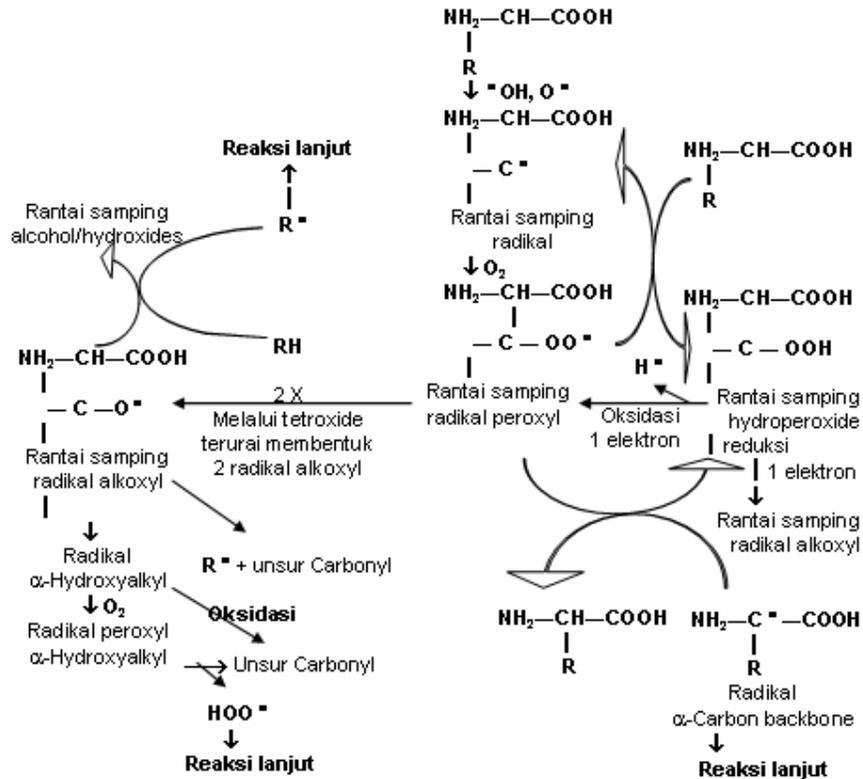
Pupuk organik cair merupakan hasil degradasi bahan organik (unsur karbon) dalam media cair oleh mikrobia secara fermentasi aerob agar memiliki nisbah C/N yang rendah. Bahan yang ideal untuk difermentasi menjadi POC memiliki nisbah C/N sekitar 30, sedangkan POC yang dihasilkan memiliki nisbah C/N < 20. Bahan organik yang memiliki nisbah C/N jauh lebih tinggi di atas 30 akan terombak dalam waktu yang lama, sebaliknya jika nisbah tersebut terlalu rendah akan terjadi kehilangan N karena menguap selama proses perombakan berlangsung. POC yang dihasilkan dengan fermentasi menggunakan teknologi mikrobia efektif dikenal dengan nama bokashi. Dengan cara ini proses pembuatan POC dapat berlangsung lebih singkat dibandingkan cara konvensional^[3].

PEMBAHASAN

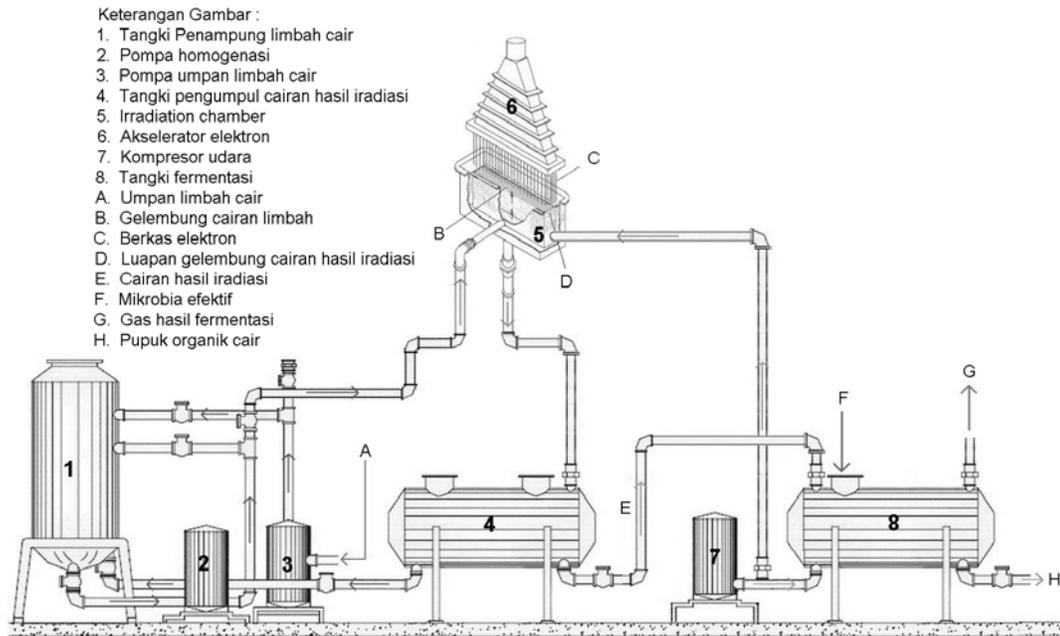
Dekomposisi Senyawa Organik (Protein) dalam Limbah Cair dengan Berkas Elektron

Dekomposisi senyawa organik dalam limbah cair dari limbah cair pra penyamakan kulit dengan berkas elektron dimaksudkan untuk menurunkan jumlah karbon (C) pada protein dalam limbah cair dalam waktu jauh lebih cepat dibandingkan dengan proses pembuatan pupuk organik secara konvensional menggunakan mikrobia biasa maupun secara teknologi fermentasi menggunakan mikrobia efektif yang dikenal dengan nama bokashi. Dekomposisi protein oleh berkas elektron dimaksudkan agar terpenuhi rasio C/N < 20 sebagai standar kualitas pupuk organik.

Senyawa organik seperti protein (C_nH_aO_bN_c) oleh enzim protease dapat dihidrolisis menjadi polipeptida, oligopeptida dan asam-asam amino.

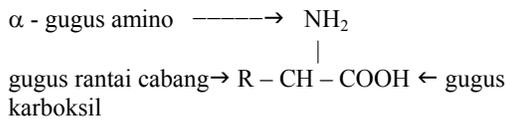


Gambar 2. Reaksi utama terbentuknya rantai samping radikal aliphatic selama oksidasi protein oleh radikal bebas oksidator kuat •OH dan O⁻ [5]



Gambar 3. Konsep diagram alir proses pembuatan POC dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi dengan berkas elektron ^[6, 7]

Senyawa protein yang terdiri dari asam-asam amino ditulis dengan struktur umum sebagai berikut ^[4]



Beberapa asam amino dalam protein dapat didekomposisi oleh radikal bebas oksidator kuat $\cdot\text{OH}$ dan O^\cdot seperti pada Gambar 2 ^[5].

Apabila radikal bebas $\cdot\text{OH}$ dan O^\cdot terus menerus mengoksidasi protein di dalam limbah cair pra penyamakan kulit, maka semakin banyak asam amino dan protein dalam limbah cair akan terdekomposisi menjadi H_2O , NH_3 , dan CO_2 . Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Cair Pra Penyamakan Kulit Pasca Iradiasi dengan Berkas Elektron

Kajian pembuatan bahan baku POC dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi dengan berkas elektron dilakukan dengan mengadopsi dan memodifikasi hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Lavale (1997) dan Sampa (2003) dapat dijelaskan dengan diagram alir proses seperti pada Gambar 3 ^[6, 7]

Tahapan proses pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah cair pra penyamakan kulit

pasca iradiasi dengan berkas elektron dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Umpan limbah cair oleh pompa 3 dimasukkan ke dalam tangki 1,
2. Limbah cair dari tangki 1 oleh pompa 2 dimasukkan ke dalam tangki iradiasi 5 bagian dalam,
3. Limbah cair pada tangki iradiasi 5 bagian dalam digelembungkan dengan cara diinjeksi dengan udara dari kompresor 7,
4. Gelembung cairan yang naik ke permukaan pada tangki iradiasi 5 bagian dalam ditembak dengan berkas elektron dari akselerator elektron 6,
5. Aliran gelembung cairan setelah dikenai dengan berkas elektron akan meluap ke tangki iradiasi 5 bagian luar,
6. Akumulasi dan tabrakan antar gelembung cairan pada tangki iradiasi 5 bagian luar akan menjadi cairan yang selanjutnya mengalir secara grafitasi ke dalam tangki 4,
7. Cairan hasil iradiasi dalam tangki 4 dimasukkan ke dalam tangki 1 dan dicampur dengan umpan limbah cair dari pompa 3,
8. Campuran cairan dalam tangki 1 selanjutnya oleh pompa homogenasi 2 dimasukkan ke dalam tangki

iradiasi 5 untuk diiradiasi yang kedua kali dengan berkas electron.

9. Demikian seterusnya dilakukan perulangan seperti langkah 1 s.d. 8 sehingga akan diperoleh cairan E hasil iradiasi akhir.

Cairan E hasil akhir iradiasi adalah limbah cair dari pra penyamakan kulit yang telah terdetoksifikasi dari gas H₂S, terdesinfeksi dari bakteri pembusuk yang mengkonsumsi unsur hara makro dan mikro dalam limbah cair, dan tereduksi unsur karbon (C) karena terdegradasinya protein dalam limbah cair oleh beberapa radikal bebas yang dihasilkan oleh radiolisis air oleh berkas elektron.

Degradasi unsur karbon pada protein dalam limbah cair oleh berkas elektron dimaksudkan untuk menurunkan kandungan karbon (C) dalam limbah cair. Bahan organik yang mempunyai C/N masih tinggi berarti masih mentah. Pupuk organik yang belum matang (C/N tinggi) dianggap merugikan, karena bila diberikan langsung ke dalam tanah maka bahan organik diserang oleh mikrobia (bakteri maupun fungi) untuk memperoleh energi. Sehingga populasi mikrobia yang tinggi memerlukan juga hara tanaman untuk tumbuhan dan kembang biak. Hara yang seharusnya digunakan oleh tanaman berubah digunakan oleh mikrobia. Dengan kata lain mikrobia bersaing dengan tanaman untuk memperebutkan hara yang ada. Hara menjadi tidak tersedia (unavailable) karena berubah dari senyawa anorganik menjadi senyawa organik jaringan mikrobia, hal ini disebut *immobilisasi* hara. Terjadinya immobilisasi hara tanaman bahkan sering menimbulkan adanya gejala defisiensi. Makin banyak bahan organik mentah diberikan ke dalam tanah makin tinggi populasi yang menyerangnya, makin banyak hara yang mengalami immobilisasi. Walaupun demikian nantinya bila mikrobia mati akan mengalami dekomposisi hara yang immobil tersebut berubah menjadi tersedia lagi. Jadi immobilisasi merupakan pengikatan hara tersedia menjadi tidak tersedia dalam jangka waktu relatif tidak terlalu lama^[3].

Proses Mikrobiologi Pengomposan

Pengomposan merupakan proses penguraian aerobik - thermophilic dari konstituen organik (misalnya dari sampah / buangan organik alami dan excess sludge dari biological wastewater treatment) menjadi produk akhir yang relatif stabil, menyerupai humus. Ada 3 group mikroorganisme yang berperan, yaitu: bakteri, actinomycetes dan fungi. Fungsi bakteri akan mengurai senyawa golongan protein lipid dan lemak pada kondisi thermophilic serta menghasilkan energi panas. Actinomycetes dan fungi

yang selama proses pengomposan berada pada kondisi mesophilic dan thermophilic berfungsi untuk mengurai senyawa-senyawa organik yang kompleks dan selulosa dari bahan organik atau dari bulking agent. Faktor kondisi lingkungan selama operasional sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikro organisme dalam proses oksidasi - dekomposisi tersebut dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kecepatan dan siklus proses pengomposan serta kualitas kompos yang dihasilkan^[1].

Selama proses pengomposan ada 3 tahapan berbeda dalam kaitannya dengan temperatur yang diamati, yaitu : mesophilic, thermophilic dan cooling (tahap pendinginan). Pada tahap awal mesophilic temperatur proses akan naik dari suhu lingkungan ke 40°C dengan adanya fungi & bacteria pembentuk asam. Temperatur proses akan terus meningkat ke tahap thermophilic antara 40 - 70°C, dimana mikro-organisme akan digantikan oleh bakteri thermophilic, actinomycetes dan thermophilic fungi. Pada range thermophilic temperatur, proses degradasi dan stabilisasi akan berlangsung secara maksimal. Tahap pendinginan ditandai dengan penurunan aktivitas mikroba dan penggantian dari mikroorganisme thermophilic dengan bacteria & fungi mesophilic. Selama tahap cooling, proses penguapan air dari material yang telah dikomposkan akan masih terus berlangsung, demikian pula stabilisasi pH dan penyempurnaan pembentukan humic acid^[1].

Pengomposan merupakan wujud aktivitas kerjasama dari berbagai mikroorganisme (bakteri, actinomycetes dan fungi) yang didukung oleh berbagai kondisi / faktor penting dari lingkungan yang memungkinkan terjadinya proses mikro biologis, yaitu^[1] :

- A. Kelembaban (kandungan air)
- B. Suhu
- C. pH
- D. Konsentrasi nutrisi
- E. Kebutuhan oksigen

A. Kelembaban (kandungan air)

Penguraian senyawa organik sangat tergantung pada faktor kelembaban (*moisture*). Limit terendah dari aktivitas bakteri adalah antara 12 - 15 %; meskipun sebenarnya *moisture content* < 40 % merupakan batas dari kecepatan penguraian optimum. Idealnya kandungan air antara 50 - 60 %. Jika *moisture content* dari campuran > 60 % maka integritas struktural yang baik juga tidak akan dicapai. Selama proses pengomposan sebagian air akan teruapkan sehingga perlu dilakukan pengaturan dengan penyemprotan, misalnya bersamaan dengan pembalikan pada proses windrow, untuk menjaga

kondisi *moisture content* yang optimum selama proses pengomposan. Pada kondisi akhir, tahap pendinginan, *moisture content* diharapkan supaya terus menurun untuk mencapai mendapatkan produk akhir yang lebih mudah penanganannya, penyimpanan dan aplikasi akhir.

B. Suhu

Kondisi paling optimum pengomposan dari pencapaian suhu antara 55 - 65°C, tetapi harus < 80 °C. Kondisi suhu tersebut juga diperlukan untuk proses inaktivasi dari bakteri patogen di dalam sludge (jika ada). *Moisture content*, kecepatan aerasi, ukuran dan bentuk tumpukan, kondisi lingkungan sekitar dan kandungan nutrisi sangat mempengaruhi distribusi temperatur dalam tumpukan kompos. Sebagai contoh, kecenderungan suhu akan lebih rendah jika kondisi kelembaban berlebih karena panas yang dihasilkan akan digunakan untuk proses penguapan. Sebaliknya kondisi kelembaban yang rendah akan menurunkan aktivitas mikroba dan menurunkan kecepatan pembentukan panas.

C. pH

Kondisi pH optimum untuk pertumbuhan bakteri pada umumnya adalah antara 6.0 - 7.5 dan 5.5 - 8.0 untuk fungi. Selama proses dan dalam tumpukan umumnya kondisi pH bervariasi dan akan terkontrol dengan sendirinya. Kondisi pH awal yang relatif tinggi, misalnya akibat penggunaan kalsium dalam limbah akan melarutkan nitrogen dalam kompos dan selanjutnya akan diemisikan sebagai ammoniak. Tidaklah mudah untuk mengatur kondisi pH dalam tumpukan massa kompos untuk pencapaian pertumbuhan biologis yang optimum, dan untuk itu juga belum ditemukan kontrol operasional yang efektif.

D. Konsentrasi Nutrisi

Unsur karbon dan nitrogen keduanya dibutuhkan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan mikroorganisme, yaitu 30 bagian Karbon (C) dan 1 bagian Nitrogen (N) atau C/N ratio = 30 dalam perbandingan berat. Untuk itu maka proses pengomposan yang paling efisien mempersyaratkan kebutuhan C/N ratio antara 25 - 35 sebagai perbandingan yang paling ideal. Unsur C dalam ratio tersebut dipandang sebagai *biodegradable carbon*. Ratio C/N yang rendah, atau kandungan unsur N yang tinggi akan meningkatkan emisi dari Nitrogen sebagai ammoniak. Sedangkan ratio C/N yang tinggi, atau kandungan unsur N yang relatif kurang / rendah akan menyebabkan proses

pengomposan berlangsung lebih lambat dan Nitrogen menjadi faktor penghambat (*growth-rate limiting factor*).

E. Kebutuhan Oksigen

Persyaratan konsentrasi optimum dari oksigen di dalam massa kompos antara 5 - 15 % volume. Peningkatan kandungan oksigen melewati 15 %, misalnya akibat pengaliran udara yang terlalu cepat atau terlalu sering dibalik akan menurunkan temperatur dari sistem. Setidaknya diperlukan kandungan Oksigen > 5 % untuk menjaga kestabilan kondisi aerobik, meskipun pada kondisi konsentrasi oksigen di dalam tumpukan yang hanya ~ 0.5 % tidak didapati adanya kondisi anaerobik.

Pada proses pengomposan secara aerobik, oksigen mutlak dibutuhkan. Mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan membutuhkan oksigen dan air untuk merombak bahan organik dan mengasimilasikan sejumlah karbon, nitrogen, fosfor, belerang, dan unsur lainnya untuk sintesis protoplasma sel tubuhnya. Karbon diasimilasikan lebih banyak daripada nitrogen dan digunakan sebagai sumber energi serta membentuk protoplasma. Sekitar dua pertiga bagian dari karbon dikeluarkan dalam bentuk karbon dioksida (CO₂), sedangkan sisanya akan berkombinasi dengan nitrogen dalam sel. Proses perombakan bahan organik secara aerobik akan menghasilkan humus, karbon dioksida, air, dan energi. Beberapa bagian energinya digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme, dan sisanya dikeluarkan dalam bentuk panas. Secara keseluruhan reaksinya akan berlangsung sebagai berikut^[9]:

Mikroba aerob
Bahan organik > CO₂ + H₂O + unsur hara + humus + energi

Pembuatan POC Secara Fermentasi Aerob Menggunakan Bioaktivator

Proses pembuatan POC dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi (cairan E) dilakukan dengan komposter secara fermentasi dalam tangki fermentasi pada Gambar 3 menggunakan bioaktivator seperti Boisca atau Effective Microorganism (EM4) yang mudah diperoleh di toko-toko kimia dan pertanian. Bioaktivator merupakan bahan yang membantu mempercepat proses pembuatan POC dan meningkatkan kualitasnya. Beberapa manfaat bioaktivator bagi tanaman dan tanah^[8]:

1. Menghambat pertumbuhan hama dan penyakit tanaman dalam tanah

2. Membantu meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman
3. Membantu proses penyerapan dan penyaluran unsur hara dari akar ke daun
4. Meningkatkan kualitas bahan organik sebagai pupuk
5. Meningkatkan kualitas pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman

Konsep pembuatan POC dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi seperti pada Gambar 3 dapat dilakukan dengan cara mengadopsi pembuatan kompos dari limbah organik dengan bioaktivator sebagai berikut^[8, 9]

1. Air sumur atau air PAM yang tidak mengandung kaporit dimasukkan ke dalam sprayer 1 liter. Keberadaan kaporit dalam air dapat mematikan mikroba yang ada di dalam bioaktivator.
2. Untuk peningkatan kualitas POC, maka ke dalam komposter dapat ditambahkan tepung tulang sebanyak 2 – 3% dari berat limbah organik sebagai sumber Ca dan P, tepung cangkang telur sebanyak 1% dari berat limbah organik sebagai sumber Ca, dan sekam padi atau serbuk gergaji sebanyak 3% dari berat limbah organik sebagai sumber K sebelum dilakukan proses pengomposan.
3. Cairan bioaktivator sebanyak 1 – 2 tutup botol Boisca atau EM4 ditambahkan ke dalam sprayer, kemudian disemprotkan ke dalam komposter yang sebelumnya telah terisi dengan limbah cair pasca iradiasi, tepung tulang, tepung cangkang telur, sekam padi atau serbuk gergaji.
4. Proses pengomposan di dalam komposter dilakukan secara aerob, maka diperlukan aliran udara ke dalam limbah cair dalam komposter secara aerasi. Aliran udara selain berfungsi untuk proses

pengomposan, juga dimaksudkan untuk mengusir sisa-sisa gas hasil pembusukan senyawa organik (protein) dalam limbah cair oleh mikroorganisme selama berlangsung proses pengomposan.

5. Proses pengomposan limbah cair dalam komposter berlangsung kira-kira 3 – 4 hari dengan hasil analisis C/N < 20.
6. Cairan dalam komposter dimasukkan ke dalam drum dengan dilewatkan melalui penyaring kain yang halus yang dipasang pada mulut drum.
7. Cairan dalam drum dibiarkan selama 1 – hari agar partikel-partikel suspensi dapat mengendap dan cairan menjadi bening.
8. Cairan bening ini sudah menjadi POC dan dimasukkan ke dalam botol kemasan, diberi label, dan siap dijual.

Spesifikasi dan POC dalam Kemasan di Pasaran Dalam Negeri

Spesifikasi POC tergantung dari bahan baku, teknik pembuatan, dan keinginan dari para pembuatnya yang dapat dilakukan oleh industri rumah tangga (home industry), industri menengah seperti koperasi dan kelompok tani, dan industri besar seperti pabrik pupuk yang menggunakan beberapa peralatan besar dan modern untuk memproduksi pupuk organik dalam skala besar yang selalu terjaga kualitasnya. Hal inilah yang menyebabkan beberapa produk POC yang ada di pasaran akan selalu berbeda spesifikasi dan harganya seperti pada Tabel 1. Fungsi POC lebih unggul daripada kompos padat biasa, maka harganya jauh lebih mahal jika dibandingkan dengan kompos padat yang harganya sekitar Rp. 1.000/kg^[10].

Tabel 1. Spesifikasi dan harga pupuk organik cair yang ada di pasaran^[11]

Nutrisi	Kandungan nutrisi beberapa pupuk organik cair di pasaran			
	2 N	Stim	Super Top Soil	Bio KG Florist
Harga	Rp. 37.000/liter	Rp. 22.500/liter	Rp. 30.000/liter	Rp. 65.000/liter
N	5,2 %	1,22 %	1,8 %	0,23 %
P ₂ O ₅	0,243 %	0,92 %	0,76 %	0,02 %
K ₂ O	0,023 %	1,38 %	0,38 %	0,13 %
CaO	1,360 mg/l	1.100 mg/l	0,971 mg/l	1200 mg/l
MgO	10,1 mg/l	500 mg/l	0,129 mg/l	0,003 mg/l
S	8,8 mg/l	600 mg/l	2,15 mg/l	300 mg/l
Fe	186,6 mg/l	11,58 mg/l	236 mg/l	75,87 mg/l
Zn	10,1 mg/l	11,4 mg/l	-	16,01 mg/l
Cu	14,9 mg/l	9,74 mg/l	2,11 mg/l	0,03 mg/l
Mn	21,6 mg/l	8,24 mg/l	15,8 mg/l	16,38 mg/l

Tabel 2. Fungsi nutrisi pada pupuk organik terhadap tanaman ^[11]

Nutrisi	Fungsi dalam tanaman
N	Membuat bagian tanaman menjadi lebih hijau segar karena banyak mengandung butir hijau daun yang penting dalam proses fotosintesa, mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, cabang, dan lain-lain), menambah kandungan protein hasil panen
P ₂ O ₅	Merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda, sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi dan pernafasan, mempercepat pemasakan biji dan buah.
K ₂ O	Membantu pembentukan protein dan karbohidrat, memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur.
CaO	Merangsang pembentukan bulu-bulu akar, mengeraskan batang tanaman, merangsang pembentukan biji, menetralkan senyawa atau suasana yang tidak menguntungkan bagi tanaman.
MgO	Menciptakan hijau daun yang sempurna dan terbentuk karbohidrat, lemak dan minyak-minyak, transformasi fosfat dalam tanaman.
S	Membantu pembentukan butir hijau daun sehingga daun menjadi lebih hijau, menambah kandungan protein dan vitamin hasil panen, meningkatkan jumlah anakan yang menghasilkan, berperan penting pada proses pembulatan zat gula.
Fe	Membantu pernafasan tanaman dan pembentukan hijau daun.
Zn	Memberi dorongan terhadap pertumbuhan tanaman karena diduga seng dapat membentuk hormon tumbuh.
Cu	Mendorong terbentuknya hijau daun dan dapat menjadi bahan utama dalam berbagai enzim.
Mn	Sebagai komponen untuk memperlancar proses asimilasi, merupakan komponen penting dalam berbagai enzim.

Fungsi Nutrisi pada Pupuk Organik Cair (POC) Terhadap Tanaman

Tanaman dalam pertumbuhannya memerlukan paling sedikit 16 unsur hara agar pertumbuhannya normal. Dari ke-16 unsur hara tersebut, tiga unsur (karbon, hidrogen, dan oksigen) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur lagi disediakan oleh tanah. Ke-13 unsur tersebut adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), klor (Cl), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), boron (B), dan molibdenum (Mo). Untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman dengan mengandalkan unsur hara yang tersedia dalam tanah itu tidak cukup, karena unsur hara yang terkandung dalam tanah relatif sedikit kuantitas unsur haranya tidak dapat memenuhi tanaman tertentu. Hal ini dapat terpenuhi dengan menambahkan unsur hara dari sumber pupuk organik. Fungsi unsur hara dalam pupuk organik pada tanaman dijelaskan pada Tabel 2.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa Mesin Berkas Elektron (MBE) yang ada di Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) – BATAN dengan energi 0,35 MeV/5 mA dimungkinkan dapat digunakan untuk kegiatan litbang pem-

buatan POC dari limbah cair pra penyamakan kulit pasca iradiasi. Mengingat harga POC di pasaran cukup tinggi, maka kemungkinan limbah cair dari proses pra penyamakan kulit pasca iradiasi berkas elektron layak dapat dikonversi menjadi POC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUPRIYANTO, A., Aplikasi Wastewater Sludge untuk Proses Pengomposan Serbuk Gergaji, PT. Novarties Biochemie, Citeurep Bogor Indonesia, http://sinergy-forum.net/zoa/paper/html/paper_AgusSupriyanto.html, 4 Feb. 2007.
- [2] ANONIM, Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit, Buku Panduan, Bapedal, (1996).
- [3] YUWONO, N.W., Pupuk, <http://nasih.staff.ugm.ac.id/p/index.htm>, 13 Februari 2007
- [4] BASKORO, T., Mikrobiologi Umum, edisi 6, Gadjah Mada University Press, (1994).
- [5] URBANAVICIUS, A., Free Radical Damages In Proteins, www.cryst.bbk.ac.uk/pp97/assignments/projects/adomas/Free_Radical_Damages_In_Proteins.html#damages, 2 Maret 2007.
- [6] LAVALE, D.S., SHAH, M.R., RAWAT, K.P., GEORGE, J.R., Sewage Sludge Irradiators

- Batch and Continuous Flow, In : Radiation Technology Conservation of Environment, Proceedings of Symposium Held in Zakopane, Poland, (1997), pp. 289–301.
- [7] SAMPA., M.H.O., On Going Research in Brazil Using Electron Beam Liquid Waste Treatment, In : Status of Industrial Scale Radiation Treatment of Wastewater and its Future, Proceedings of a Consultants Meeting Held in Daejon, (2003), pp. 29 – 36.
- [8] HADISUWITO, S., Membuat Pupuk Kompos Cair, PT. AgroMedia Pustaka, Cetakan Pertama, Jakarta, (2007).
- [9] SIMAMORA, S., SALUNDIK, Meningkatkan Kualitas Kompos, PT. AgroMedia Pustaka, Cetakan Pertama, Jakarta, (2006).
- [10] Composter Rotary Klin BioPhosko, http://www.kencanaonline.com/online/product_info.php?cPath=32&products_id=271, 26 Oktober 2007
- [11] EFFENDI, D., Pengolahan dan Kajian Kemungkinan Pemanfaatan Air Limbah Industri Susu PT. Sarihusada Tbk. Jogjakarta untuk Pupuk Organik Cair, Skripsi Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Jogjakarta, (2004).

TANYA JAWAB

Indraswari Suroso

- *Apakah pengaruh H₂S dalam detoksifikasi untuk meningkatkan produk tanaman dalam pembuatan pupuk organik cair*

Herry Poernomo

- Pengaruh H₂S sebetulnya tidak baik karena H₂S bersifat toksis dan berbau busuk. Tetapi dengan teknologi iradiasi berkas elektron maka H₂S akan terkoversi oleh radikal bebas O menjadi SO₂, yang selanjutnya bereaksi dengan NH₃ hasil dekomposisi protein oleh radikal bebas OH dan O serta H₂O dan oksigen menjadi (NH₄)₂ SO₄ toksis yang biasa disebut pupuk ZA (Zuouwerzure Ammonium)

Mudjjana

- *Apakah pupuk organik dari limbah cair ini dapat digunakan untuk hydrophonix tomat, terong dan lain-lainnya?*

Herry Poernomo

- Pupuk organik cair (POC) dari limbah cair pra penyamakan kulit dapat digunakan sebagai pupuk/ media hydrophonix seperti tomat, terong dll., jika sudah di treatment secara radiasi dengan berkas elektron dan difermentasi menggunakan bioaktivator

Sri Rinanti Susilowati

- *Sebelum dilakukan proses iradiasi apakah diperlukan treatment tertentu, seandainya ada, apa manfaatnya*
- *Selain limbah penyamakan kulit adakah limbah yang lain yang dapat dibuat pupuk organik cair?*

Herry Poernomo

- Perlu dilakukan treatment tertentu seperti penyaringan dari suspensi padat. Manfaatnya adalah supaya suspensi tidak mengganggu dalam pembuatan POC
- Selain limbah penyamakan kulit juga ada limbah cair dari industri pangan seperti susu, ikan, daging dalam kaleng