

BAKTERI PATHOGEN PADA LIMBAH RUMAH SAKIT YANG TELAH DITANGANI SECARA ANAEROB

Haribi R., Dewi S.S.
Universitas Muhammadiyah Semarang

ABSTRAK

Limbah Rumah Sakit mengandung bahan organik dan mikrobia pathogen yang resisten terhadap desinfektan. Cara penanganan limbah dengan Biologi Anaerob adalah efektif, karena volume limbah dapat ditekan oleh aktifitas mikrobia, bahan organik dikonversi menjadi biogas, dan bakteri pathogen mati.

Penelitian eksperimen, dengan kultur sekali unduh, menggunakan sistem digesti anaerobic, bertujuan mengetahui pengaruh perubahan kondisi kimiawi di dalamnya terhadap pertumbuhan bakteri pathogen limbah rumah sakit.

Lumpur limbah Rumah Sakit difermentasikan pada digesti anaerobik dengan inokulum lumpur aktif. Pengamatan dilakukan sebelum dan pada saat fermentasi, setiap interval waktu 3 hari. Parameter yang diteliti adalah, COD, pH, asam lemak volatil, konsentrasi amonium, fosfat, gas, bakteri pathogen dan bakteri metanogenik.

Hasilnya pertumbuhan bakteri semakin jarang pada hari ke 12 fermentasi. Konsentrasi COD masih tinggi, yaitu 270,474 ppm, pH digesti 6,56, sehingga bahan organik masih cukup untuk pertumbuhan mikrobia. Hari ke 15 fermentasi konsentrasi COD 262,740 ppm, pH digesti 6,71 dan keadaan digesti menjadi anaerob, sehingga yang tumbuh hanya bakteri anaerob, yaitu bakteri methan dan Clostridium. Pada hari ke 21 fermentasi gas methan mulai terbentuk dan populasi Clostridium berkurang. Pada hari ke 27 Clostridium sudah tidak tampak, karena Clostridium mati oleh gas methan hasil konversi asam lemak volatil oleh bakteri methan. Pada hari ke 27 fermentasi, bakteri pathogen tidak ada, tetapi asam lemak volatil konsentrasinya masih tinggi, sehingga fermentasi tetap berlangsung pada hari berikutnya. Konsentrasi pospat rendah, konsentrasi amonium meningkat, dan effluent limbah belum aman untuk dibuang.

Keyword : pathogen, resisten, digesti anaerobic, fermentasi, volatile.

Pendahuluan

Jenis kegiatan di dalam Rumah Sakit sangat menentukan karakteristik limbah yang dihasilkan secara fisik, kimia maupun biologi.

Efek limbah cair Rumah Sakit terhadap lingkungan di antaranya adalah karena sifat fisik, kimiawi dan bakteriologi yang dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan, maka jika tidak dikelola dengan baik akan dapat menimbulkan pencemaran pada air permukaan, tanah atau lingkungan hidup lainnya, disamping akan menimbulkan bau

dan pemandangan yang tidak menyenangkan. Akibatnya terhadap Kesehatan Masyarakat, limbah dapat menjadi media tempat berkembang biak mikrobia pathogen, larva nyamuk atau serangga lainnya yang men

jadi media transmisi penyakit, terutama penyakit yang penularannya melalui air seperti kholera, tyfus, desentri dan penyakit lainnya. Sebagai akibatnya, kesehatan manusia terganggu dan menjadi kurang produktif. (Meagher, JF., 2001).

Konsentrasi polutan yang terkandung di dalam limbah Rumah Sakit sangat penting untuk menentukan sistem penanganan dan fasilitas pembuangan akhir limbah yang berkaitan dengan kualitas lingkungan.

Pada era bioteknologi ini telah dikembangkan suatu sistem penanganan limbah secara biologi, dengan menggunakan digesti anaerobik. Cara ini sangat efektif terutama untuk limbah yang mengandung ba

nyak padatan bahan organik dan koloid. Proses penanganan limbah secara biologi yang melibatkan aktifitas mikrobia dianggap efektif karena hanya menggunakan sedikit tenaga tetapi dapat menghasilkan produk yang sangat bermanfaat

Untuk penanganan limbah organik yang terkonsentrasi di dalam lumpur, biasanya digunakan cara biologi anaerobik dalam suatu digesti anaerobik. Proses biologi anaerobik adalah proses oksidasi biologis senyawa organik dalam keadaan tanpa molekul oksigen. Hasil akhir proses tersebut berupa gas metan, CO₂, H₂S, dan sejumlah kecil sel baru serta humus organik dan anorganik yang relatif stabil.

Proses perombakan yang terjadi pada pengolahan sistem anaerobik ini merupakan pemecahan senyawa organik, yaitu transformasi biokimiawi molekul - molekul yang besar, dipecah menjadi molekul - molekul yang lebih kecil dalam bentuk yang lebih sederhana.

Agensia yang aktif terlibat dalam proses anaerobik adalah bakteri heterotrof, yang bekerja secara sinergisme, yang terdapat di dalam tanah. Pada prinsipnya proses perombakan bahan organik tersebut terdiri dari proses hidrolisis polimer, fermentasi gula, asam amino dan asam organik lain sebagai hasil dari proses hidrolisis, oksidasi anaerobik asam lemak berantai panjang dan alkohol, oksidasi

asam lemak volatil selain asetat, pembentukan metan dari H₂ dan CO₂.

Beberapa keuntungan dari sistem digesti anaerobik ini selain menunjukkan performan yang lebih baik dari limbah, juga terjadi penurunan volume bahan organik yang berlangsung sangat cepat sehingga terjadi reduksi volume lumpur dan penurunan masa, melepaskan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan rumah tangga, terjadi stabilisasi lumpur, dihasilkan stabilizer tanah (pupuk) dan dihasilkan buangan akhir yang aman untuk dibuang karena dengan sistem ini bakteri pathogen dapat mati.

Metoda Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, menggunakan alat yang berupa modifikasi digesti anaerobik yang didesain sedemikian rupa. Sampel berupa lumpur limbah Rumah Sakit Islam Kendal yang diambil dari beberapa instalasi, pada bulan Mei 2007 dengan inokulum lumpur aktif dari Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta.

Fermentasi lumpur dalam digester selama 30 hari, dipanen setiap interval waktu 3 hari fermentasi, dan dilakukan dengan sistem sekali unduh (bet culture)

Parameter yang diteliti adalah konsentrasi bahan organik (COD), pH, asam lemak volatil, konsentrasi amonium, konsentrasi fosfat, gas metan yang terbentuk, bakteri pathogen dan bakteri metanogenik.

Eksperimental

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu, penyiapan alat digester / set - up alat, penyiapan inokulum untuk mengaktifkan bakteri anaerob yang terkandung di dalamnya yaitu 1 kg lumpur dimasukkan dalam

digester anaerobik kemudian dicuci dengan dialiri larutan buffer fosfat pH 7,4 dengan kecepatan aliran tertentu agar lumpur tetap tinggal di dasar bejana..

Aliran dihentikan, dibiarkan beberapa saat sampai lumpur mengendap seluruhnya di dasar bejana. Lumpur diperkaya dengan penambahan Na asetat 1 gram per liter lumpur dan diinkubasikan dalam temperatur kamar sampai terjadi produksi gas.

Menurut Soelberg, N.(2001), gas yang terbentuk pada digesti anaerobik adalah gas metan (CH_4), CO_2 dan sebagian kecil H_2S . Analisis gas dilaksanakan dengan memisahkan gas metan dari CO_2 dan H_2S , dan caranya adalah gas yang terbentuk dialirkan pada bejana berisi air dan $NaOH$ 1 % dan ditambah indikator Bromo Thymol Blue (BTB) untuk menangkap CO_2 . Jika cairan dalam bejana yang berwarna biru tersebut berubah menjadi berwarna merah jambu maka berarti CO_2 telah tertangkap dan bereaksi dengan $NaOH$ menjadi $Na_2CO_3 + H_2O$ dan merubah warna BTB dari biru menjadi merah jambu. Untuk menangkap H_2S , gas dialirkan ke bejana yang berisi air dan pirit. Jika terjadi warna hitam, maka berarti S dari H_2S bereaksi dengan Fe dari pirit tersebut membentuk garam FeS yang berwarna hitam. Dengan demikian gas yang tersisa adalah gas metan (CH_4), dan untuk membuktikannya adalah dengan mengalirkan gas tersebut pada bejana yang berisi air ditambah asam salisilat. Jika terjadi aroma seperti gondopuro, maka berarti terjadi reaksi antara CH_4 dengan asam salisilat menjadi metil salisilat yang berbau seperti gondopuro

Selain itu analisis gas metan dapat juga dilakukan dengan mendekati kayu yang membara di dekat mulut pipa

penampung gas, jika pipa gas dibuka adalah gas metan (CH_4).

Penyiapan substrat fermentasi yakni dengan mengatur pH lumpur limbah Rumah Sakit diatur pHnya agar menjadi 7,5, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi anaerobik / proses metanogenesis yang dilakukan dengan memasukkan lumpur substrat fermentasi ke dalam digester anaerobik yang telah berisi lumpur inokulum (lumpur metanogenik) yang telah teraklimasi. Sebelumnya lumpur inokulum dicuci lagi dengan mengalir larutan buffer fosfat pH 7,4 dan dibiarkan beberapa saat sampai lumpur benar-benar mengendap di dasar digester. Cairan bagian atas dibuang, diganti dengan memasukkan lumpur substrat fermentasi sampai penuh. Secara kontinue nutrisi yang berupa air sumur dialirkan dari dasar digester dengan kecepatan alir tertentu pula, sampai terbentuk granula (flok). Digester ini diinkubasi pada temperatur kamar sampai terjadi produksi gas. Setiap interval waktu 3 hari dilakukan analisis kimia untuk mengetahui aktifitas bakteri dalam proses fermentasi yang meliputi analisis nilai pH, COD, konsentrasi asam lemak volatil (VFA), konsentrasi fosfat, konsentrasi amonium dan analisis mikrobiologi terhadap bakteri yang berperan dalam proses metanogenesis kayu tersebut dapat menyala berarti gas tersebut.

Analisis pH dilaksanakan dengan pH meter, analisis COD dengan metode Kalium bichromat, analisis konsentrasi asam lemak volatil (VFA) dengan titrasi, analisis fosfat dan amonium dengan spektrofotometri. Analisis mikrobiologi (Gabriel, B., 2005) merupakan analisis bakteriologi secara kualitatif dilaksanakan dengan kultur pada media Nutrien Agar secara aerob dan anaerob, pengecatan gram dan uji biokimia yang meliputi uji

indol, uji Mr- Vp, uji motilitas, uji urease, uji nitrat dan uji penggunaan sumbu karbon (sitrat, asetat, format metanol dan $H_2 + CO_2$). Selanjutnya diinkubasikan lagi pada suhu kamar selama 24 jam. Setiap inkubasi dilakukan dalam kondisi aerob dan anaerob, kemudian dilanjutkan identifikasi bakteri berdasarkan Bergey's Manual of Determinative Bacteriology

Setelah dilakukan pemeriksaan secara kimia dan secara bakteriologi limbah cair dan lumpur yang diambil dari Rumah Sakit Islam Kendal dari berbagai instalasi, dan pemeriksaan tersebut dilakukan pada limbah yang belum dimasukkan ke dalam digesti anaerobik maupun limbah yang telah mengalami fermentasi didalam digesti anaerobik, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1: Hasil pemeriksaan kimia terhadap limbah R.S. Islam Kendal sebelum dan selama fermentasi dalam digesti anaerobik

Fermentasi (hari)	C.O.D.	pH	NH ₄	PO ₄	Asam lemak	Gas
0	628,940	7,53	83,3659	0,0201	4390,03	-
3	478,780	6,34	52,0053	0,0214	4436,74	-
6	437,664	5,63	44,2739	0,0234	4623,55	-
9	290,688	6,12	38,0052	0,0203	4203,23	-
12	270,474	6,56	6,6901	0,0201	4156,52	-
15	262,740	6,71	4,7324	0,0200	4125,39	-
18	249,984	7,34	21,5351	0,0199	4066,23	-
21	242,352	7,57	44,3721	0,0195	3561,84	+
24	240,964	8,07	44,5899	0,0193	3066,27	+
27	238,852	8,59	45,0721	0,0192	2464,14	+

Adapun hasil pemeriksaan bakteriologi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil pemeriksaan bakteriologi terhadap limbah R.S. Islam Kendal sebelum dan selama fermentasi di dalam digester anaerobik

No.	Fermentasi hari ke	Bakteri yang ditemukan	Keterangan
1.	0	<i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella paratyphi A</i> , <i>Providencia stuartii</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	Semua koloni bakteri tumbuh padat
2.	3	<i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella paratyphi A</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>	Semua koloni bakteri tumbuh padat, kecuali <i>Providencia stuartii</i> tidak terlihat adanya pertumbuhan
3.	6	<i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella paratyphi A</i> , <i>Staphylococcus sp.</i>	Pertumbuhan koloni bakteri mulai kelihatan berkurang jumlahnya, koloni <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dan koloni <i>Providencia stuartii</i> hanya ada beberapa koloni saja.
4.	9	<i>Salmonella paratyphi A</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Providencia stuartii</i> , <i>Staphylococcus sp.</i>	Pertumbuhan koloni bakteri jarang
5.	12	<i>Salmonella paratyphi A</i> , <i>Staphylococcus sp.</i>	Pertumbuhan koloni <i>Staphylococcus sp.</i> jarang dan koloni <i>Salmonella paratyphi A</i> hanya ada 3 koloni
6.	15	<i>Clostridium sp.</i> , <i>Methanococcus sp.</i> , dan <i>Methanotriks sp.</i>	Pertumbuhan koloni bakteri-bakteri tersebut masih jarang
7.	18	<i>Clostridium sp.</i> , <i>Methanococcus sp.</i> , <i>Methanosarcina sp.</i> dan <i>Methanotriks sp.</i>	Pertumbuhan koloni dari bakteri-bakteri tersebut semakin padat
8.	21	<i>Clostridium sp.</i> , <i>Methanococcus sp.</i> , <i>Methanosarcina sp.</i> dan <i>Methanotriks sp.</i>	Pertumbuhan koloni <i>Clostridium sp.</i> semakin jarang, tetapi pertumbuhan koloni bakteri methanogenik semakin padat, terutama koloni <i>Methanosarcina sp.</i>
9.	24	<i>Clostridium sp.</i> , <i>Methanococcus sp.</i> , <i>Methanosarcina sp.</i> dan <i>Methanotriks sp.</i>	Pertumbuhan koloni <i>Clostridium sp.</i> hanya terdapat 1 koloni, tetapi pertumbuhan koloni bakteri methanogenik semakin padat, terutama koloni <i>Methanosarcina sp.</i>
10.	27	<i>Methanococcus sp.</i> , <i>Methanosarcina sp.</i> dan <i>Methanotriks sp.</i>	Pertumbuhan koloni bakteri methanogenik sangat padat, sedangkan koloni <i>Clostridium sp.</i> sudah tidak terlihat lagi

Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pemeriksaan bakteriologi maupun kimiawi terhadap air limbah dan lumpur Rumah Sakit Islam Kendal, sebelum dan selama proses fermentasi, ternyata bahwa bakteri pathogen aerob dan fakultatif anaerob mampu bertahan hidup sampai dengan hari ke 12 fermentasi. Hal ini karena pada digesti anaerobik tersebut oksigen semakin lama semakin habis. Oksigen tersebut dipakai oleh bakteri-bakteri tersebut untuk mendegradasi bahan organik yang terdapat di dalam limbah, dan dikonversi menjadi asam lemak volatil. Kadar asam lemak volatil tertinggi terjadi pada hari ke 6 fermentasi, sehingga pH di dalam digesti juga turun sampai dengan 5,63. Keadaan tersebut menyebabkan bakteri banyak yang mati sehingga jumlah koloni yang tumbuh menjadi jarang. Pada hari ke 9 fermentasi kadar asam lemak menurun, dan menyebabkan pH di dalam digesti naik menjadi 6,12. Penurunan kadar asam lemak volatil tersebut karena bakteri telah merombak asam lemak volatil menjadi asam lemak berantai pendek, CO₂ dan H₂O. Pertumbuhan bakteri anaerob obligat seperti *Pseudomonas* sp. sudah tidak ada, dan hanya beberapa bakteri fakultatif anaerob yang masih mampu tumbuh. Pada hari ke 12 fermentasi hanya koloni *Salmonella paratyphi A* dan *Staphylococcus* sp. saja yang masih mampu tumbuh, dan pertumbuhannya pun juga jarang sekali. Hal ini karena oksigen yang terdapat pada digesti semakin habis atau bahkan sudah habis sama sekali.

Pada hari ke 15 fermentasi terlihat adanya pertumbuhan bakteri yang obligat anaerob, seperti *Clostridium* sp. yang merupakan bakteri pathogen dan bakteri methanogenik. Pertumbuhan koloni bakteri-bakteri tersebut masih jarang. Sampai dengan hari ke 24 fermentasi, koloni bakteri pathogen anaerob obligat

(*Clostridium* sp.) sudah tidak terlihat lagi, dan pertumbuhan koloni bakteri methanogenik semakin padat. Gas metan terbentuk mulai hari ke 21 fermentasi. Oleh karena pada saat itu gas metan sudah mulai terbentuk di dalam digesti anaerobik, maka *Clostridium* sp. banyak yang mati dan tidak tumbuh sama sekali pada hari ke 24 fermentasi. Hal ini karena bakteri tersebut tidak tahan terhadap toksisitas gas tersebut. Dengan demikian setelah didalam digesti anaerobik terbentuk gas metan, maka bakteri pathogen baik yang aerob, fakultatif anaerob maupun yang obligat anaerob telah tidak dapat tumbuh lagi, sehingga dengan demikian air limbah tersebut telah bebas dari bakteri pathogen dan aman untuk di buang ke lingkungan. Kadar asam lemak volatil di dalam digesti anaerobik juga semakin menyusut yaitu menjadi 2464,14 ppm pada hari ke 27 fermentasi dari kadar semula 4390,03 ppm. Hal ini karena asam lemak volatil (bahan organik) di dalam digesti anaerobik tersebut oleh bakteri-bakteri yang bekerja secara sinergisme telah dikonversi menjadi gas metana. Dengan semakin menyusutnya kadar asam lemak volatil tersebut, maka berarti pula bahwa volume limbah juga akan semakin menyusut.

Dengan semakin lamanya waktu fermentasi di dalam digesti anaerobik tersebut dapat menyebabkan volume limbah (lumpur yang berisi bahan organik) akan semakin habis. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa limbah cair yang sarat dengan bahan organik seperti limbah cair dan lumpur yang diambil dari suatu Rumah Sakit dapat bersih oleh bahan organik dengan penanganan yang menggunakan sistem fermentasi anaerobik pada digesti anaerobik.

Penanganan limbah seperti yang telah dilaksanakan tersebut di atas, identik dengan penanganan limbah dengan sistem

septic tank, dengan pemberian inokulum bakteri methanogenik untuk mempercepat proses fermentasi. Pada sistem penanganan limbah secara anaerob ini, pembentukan gas relatif sangat kecil, oleh sebab itu pemakain cerobong untuk mengeluarkan gas metan yang terbentuk, tidak akan menimbulkan masalah bagi lingkungan.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian tersebut di atas, dapat di simpulkan bahwa limbah cair dan lumpur yang diambil dari Rumah Sakit Islam Kendal setelah difermentasi secara anaerob di dalam suatu digesti anaerobik volumenya menjadi berkurang.

Bakteri pathogen yang terdapat pada limbah cair dan lumpur akan mati jika limbah tersebut ditangani dengan menggunakan sistem fermentasi anaerob. Pada suatu digesti anaerobik karena kehabisan oksigen yang merupakan faktor tumbuh, dan bagi bakteri pathogen anaerob seperti *Clostridium* sp. karena bakteri tersebut teracuni oleh gas metan yang timbul karena aktivitas bakteri methanogenik di dalam digesti anaerobik tersebut

Oleh karena limbah cair Rumah Sakit mengandung bakteri pathogen, yang resisten oleh perlakuan desinfektan dan kaya bahan organik, maka disarankan untuk ditangani secara anaerob dengan menggunakan digesti anaerobik terlebih dahulu sebelum di buang ke lingkungan.

Daftar Pustaka

Atlas, R.M. and Bartha, R., 1992. *Microbial Ecology Fundamental and Applications*. Addison - Wesley. Publishing Comp. London.

Boyle, M., 1996. *Microbial Ecology of Sewage Treatment. Journal of Bacteriology* Vol. 178, no. 22 November 1996. ASM Press. Publish. Twice Mounthly by the American Society For Micro biology 1325 Massachussets Avenue, NW Washington DC.

Gabriel, B., 2005. *Wastewater Microbiology* 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, Canada

Holt, J.G. ; Krieg, N.R. ; Sneath, P.H.A. ; Staley, J.T. and Williams, S.T., 1993. *Bergey's manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Williams and Wilkins Baltimore, Maruland. USA.

Knecht, MA., 2001. *Overview of U.S. Federal Laws and Regulations Affecting Mixed Waste Treatment. Hazardous and Radiation*. CRC Press. LLC. Idaho, USA.

Laskin, AI., Sariaslani, S. and Gadd, GM., 2007. *Advances in Applied Microbiology*. Vol 61. Academic Press is an Imprint of Elsevier. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.