

Catatan Penelitian

Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu sebagai Co-Subtrat untuk Produksi Biogas

Utilization of Waste from Tofu as Co-Substrate in Biogas Production

Fredynanta Saputra, Sutaryo*, Agung Purnomoadi

Program Studi S-1 Peternakan, Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

*Korespondensi dengan penulis (soeta@undip.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 9 Maret 2018 dan dinyatakan diterima tanggal 23 Agustus 2018. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2018

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan ampas tahu sebagai co-substrat dalam digesti secara anaerob terhadap pencernaan protein, konsentrasi VFA dan total amonia nitrogen. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua buah digester kontinu dan data dikoleksi selama tiga kali *hydraulic retention time* (HRT), dimana satu kali HRT setara dengan 25 hari. Data yang diperoleh dibahas dengan metode *independent sampel comparison* dengan membandingkan variabel hasil pengamatan dari digester satu (tanpa ampas tahu) dan digester dua (penambahan 5% ampas tahu) yang keduanya diencerkan menggunakan air dengan perbandingan 1:1. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat adanya perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) dari perlakuan yang diterapkan terhadap pencernaan protein, konsentrasi VFA, dan konsentrasi total amonia nitrogen (TAN). Nilai pencernaan protein, konsentrasi VFA dan konsentrasi TAN dari digester 1 dan digester 2 secara berturut turut adalah 36,13% dan 25,71%; 25,39 ml/mol/l dan 11,21 ml/mol/l serta 1959 dan 1675 mg/l. Kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi VFA dan TAN yang stabil pada konsentrasi yang relatif rendah pada *slurry* dari digester 2 dipertengahan dan akhir penelitian mengindikasikan bahwa ampas tahu bisa digunakan sebagai co-substrat pada feses sapi, namun demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi level ampas tahu yang terbaik untuk meningkatkan produksi biogas dari digester biogas berbasis feses sapi.

Kata kunci : ampas tahu, biogas, pencernaan protein, VFA, total amonia nitrogen

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of co-substrate of waste of tofu in anaerobic digestion on protein digestibility, VFA concentration, and total ammonia nitrogen. The experiment was performed in two continuously feeding digesters for three hydraulic retention times (HRT) which was a HRT equal to 25 d. The observed data was analysed using independent sample comparison. The treatments were digester 1 as no co-substrat and digester 2 as 5% solid waste from tofu addition which both of them then diluted with tap water at 1:1 ratio. The results of this study showed that there were significant effect ($P < 0.05$) of treatments on protein digestibility, VFA concentration and total ammonia nitrogen. The protein digestibility, VFA concentration and TAN concentration of digester 1 and digester 2 were 36.13 and 25.71%; 25.39 and 11.21 ml/mol/L; 1959 and 1675 mg/L, respectively. As conclusion, a stabil at low concentration of VFA and TAN in the middle and in the end experiment might be used to indicate that waste from tofu is suitable substrate for co-digestion with cow feses, however a further experiment is needed to obtain optimum level of tofu cake to enhance biogas production of digester biogas base on cow feses.

Keywords: tofu, biogas, protein digestibility, VFA concentration, TAN concentration

Pendahuluan

Tahu merupakan salah satu pangan sumber protein nabati yang sangat familiar bukan hanya di Indonesia tetapi juga di negara-negara lainnya khususnya di kawasan asia. Hal ini tidak terlepas dari nilai kalorinya yang rendah dan tidak adanya kandungan kolesterol pada tahu (Wang dan Chang, 1995). Namun demikian dalam proses produksi tahu, dihasilkan limbah dalam jumlah yang tinggi, baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Menurut Khare *et al.* (1995) dari satu kilogram kedelai yang diproses dalam pembuatan tahu akan dihasilkan 1,1 kg ampas tahu.

Limbah padat dari industri tahu di Indonesia dikenal dengan sebutan ampas tahu. Ampas tahu merupakan hasil sisa perasan bubur kedelai dan masih mempunyai kandungan nutrisi yang relatif tinggi. Menurut Widiarti *et al.* (2012) kandungan nutrisi dalam

ampas tahu yaitu: air 82,69%; abu 0,55%; lemak 0,62%; protein 2,42% dan karbohidrat 13,71%. Pemanfaatan ampas tahu di Indonesia antara lain digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan tempe gembus dan sebagai pakan ternak (Faisal *et al.*, 2016). Ampas tahu akan cepat basi apabila tidak segera ditangani dengan baik. Mengingat kandungan nutrisinya yang masih tinggi, sebagai alternatif pemanfaatan dari ampas tahu yang lain adalah dengan digunakan sebagai co-substrat dalam penanganan limbah secara anaerob untuk produksi biogas.

Co-substrat adalah perlakuan yang mengkombinasikan penggunaan berbagai bahan organik yang berbeda dengan tujuan utama untuk meningkatkan produksi methan (Cuetos *et al.*, 2011). Ampas tahu pada perlakuan co-substrat dapat digunakan untuk meningkatkan kandungan nutrisi dari

Tabel 1. Konsentrasi *volatile fatty acid* substrat dan *slurry* dari kedua digester

Sampel	Asam Asetat	Asam Propionat	Asam Iso Butirat	Asam Butirat	Asam Iso Valerat	Asam N-Valerat	Total VFA
Starter	5,794	2,445	0,374	-	0,305	-	8,918
Substrat Kontrol	12,622	6,835	0,811	0,336	0,8	0,129	21,53 ^b
Substrat Ampas Tahu	20,123	12,119	2,036	4,337	1,392	0,26	40,27 ^a
<i>Slurry</i> Kontrol	Minggu 1	8,556	4,143	0,606	0,562	-	3,87
	Minggu 3	8,031	3,688	-	0,548	-	2,25
	Minggu 5	7,361	3,141	0,445	0,386	0,152	1,48
	Minggu 7	6,315	2,133	0,469	-	0,063	8,98
	Minggu 9	6,426	2,641	0,194	0,084	0,105	9,45
Rata-rata							11,21 ^b
<i>Slurry</i> Ampas Tahu	Minggu 1	3,868	23,273	3,927	8,479	2,717	43,13
	Minggu 3	11,709	5,564	0,978	1,551	0,488	20,29
	Minggu 5	14,396	11,157	2,021	3,791	1,02	32,68
	Minggu 7	8,173	3,792	0,302	9,665	0,478	22,41
	Minggu 9	5,213	2,451	0,618	-	0,159	8,44
Rata-rata							25,39 ^a

Keterangan = superskrip a dan b yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

dengan cara mengkoleksi sampel *slurry* keluaran digester dan substrat yang selanjutnya dianalisis konsentrasi VFA, pencernaan protein dan konsentrasi TAN.

Pengukuran konsentrasi VFA dilakukan dengan metode *gas chromatograph* (Hewlet Packard 6850A, US) melalui *Flame Ionization Detector* (FID). Pencernaan protein dengan menganalisis kadar protein kasar (PK) pada substrat dan *slurry* menggunakan metode Kjeldahl. Pencernaan protein dihitung dengan mengukur selisih kadar protein substrat dengan kadar protein *slurry* dari keluaran digester dibagi dengan kadar protein substrat dan dikalikan 100%.

Pengukuran kadar TAN dilakukan dalam dua tahap dalam pengukuran yaitu tahap pertama adalah mencairkan sampel (substrat dan *slurry*) yang akan dianalisis sebanyak 5000 kali, kemudian 10 ml aquades dimasukan ke dalam botol kaca dan ditambahkan *ammonia salicylate reagent* selanjutnya dihomogenisasi dan ditunggu selama 3 menit hingga terjadi perubahan menjadi warna kuning muda. Tahap kedua adalah menambahkan *ammonia cyanurate* pada larutan tahap pertama kemudian dihomogenisasi dan ditunggu selama 15 menit hingga terjadi perubahan menjadi warna kuning tua (*slurry*) dan hijau-biru (substrat), kemudian dimasukan ke dalam *spectrophotometer* dan dicatat panjang gelombangnya.

Analisis Data

Data pencernaan protein, konsentrasi VFA dan konsentrasi TAN yang diperoleh dianalisis menggunakan metode uji beda t-test.

Hasil dan Pembahasan

Kecernaan Protein Substrat

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pencernaan protein pada digester 1 signifikan lebih besar (yaitu 36,13%) dari digester 2 (sebesar 25,71%). Data tersebut ditampilkan pada Figur 1. Nilai tersebut adalah hasil perhitungan pencernaan protein dari kandungan PK

substrat digester 1 sebesar 3,1% sedangkan PK substrat digester 2 sebesar 3,15%, dan kandungan PK *slurry* dari digester 1 sebesar 1,98% sedangkan *slurry* dari digester 2 sebesar 2,34%.

Nilai pencernaan protein pada kedua digester secara statistik menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya tambahan ampas tahu pada digester 2 ternyata mikroorganisme anaerob belum bisa memanfaatkan kandungan protein dalam substrat secara optimal sehingga menyebabkan pencernaan protein dari *slurry* pada digester 2 lebih rendah ($P < 0,05$) dibandingkan dengan pencernaan protein dari *slurry* pada digester 1 (Figur 2). Perlakuan co-substrat ampas tahu dengan feses sapi terbukti mampu meningkatkan kandungan PK pada substrat untuk digester 2. Peningkatan kandungan PK substrat digester tersebut membawa konsekuensi pada turunnya rasio C dan N pada substrat 2 sehingga berdampak pada kurang optimalnya kinerja mikroorganisme pada digester 2 dalam mencerna PK substrat sehingga berdampak pada lebih rendahnya pencernaan PK substrat pada digester 2. Perbandingan C/N pada feses berkisar 22-24, sedangkan perbandingan C/N yang ideal bagi mikroorganisme anaerob adalah 25 (Gerardi, 2003). Chandra *et al.* (2012) menyatakan bahwa pada kondisi perbandingan C/N yang tinggi dapat menyebabkan mikroorganisme dengan segera memanfaatkan protein pada substrat untuk memenuhi kebutuhan mikroorganisme akan protein, sehingga sudah tidak terdapat lagi sisa protein yang tersedia untuk bereaksi dengan sisa senyawa karbon pada substrat. Hal tersebut menyebabkan rendahnya produksi biogas, sedangkan pada perbandingan C/N yang rendah dapat menyebabkan ketersediaan senyawa nitrogen dalam bentuk ion ammonium yang berlebihan. Konsentrasi ion ammonium yang berlebihan menyebabkan nilai pH di dalam digester biogas meningkat sampai lebih tinggi dari 8 sehingga dapat bersifat toksik bagi mikroorganisme methanogenik di dalam digester biogas.

Konsentrasi VFA *Slurry*

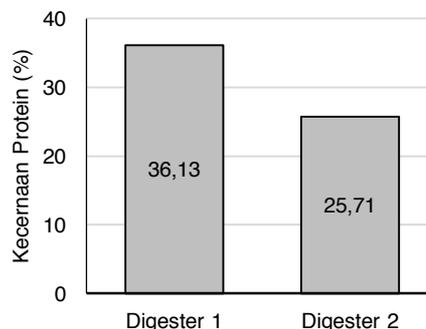
Hasil analisis VFA *slurry* dari kedua digester ditampilkan pada Tabel 1. Hasil uji VFA substrat menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$). Substrat dengan penambahan ampas tahu memiliki nilai VFA (40,27 mM/l) lebih tinggi dibanding dengan substrat feses dan air (21,53 mM/l) ($P < 0,05$). Hal ini disebabkan selama penyimpanan substrat sudah terjadi proses dekomposisi bahan organik. Chandra *et al.*, (2012) menyatakan bahwa konversi bahan organik limbah dalam digesti anaerob terdiri dari tahap hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis, dan methanogenesis. Tahap hidrolisis adalah tahap larut dan terdekomposisinya bahan organik kompleks menjadi monomernya. Monomer dari bahan organik ini dapat didegradasi oleh bakteri fakultatif dan obligat anaerob pada tahap asidogenesis menghasilkan VFA, alkohol, hydrogen dan karbondioksida.

Slurry dari digester dengan penambahan ampas tahu memiliki nilai VFA (25,39 mM/l) lebih tinggi dibanding *slurry* feses dan air (11,21 mM/l) ($P < 0,05$). Hal ini diduga kenaikan produksi VFA pada digester 2 belum bisa dimanfaatkan secara optimal oleh mikroorganisme anaerob di dalam digester tersebut untuk dikonversi menjadi metan dan terbuang di dalam *slurry*. Hal ini juga terkonfirmasi dengan tidak berbedanya produksi metan diantara kedua perlakuan, walaupun secara deskriptif produksi metan dari digester 2 lebih tinggi dibandingkan produksi metan dari digester 1 (data tidak ditampilkan).

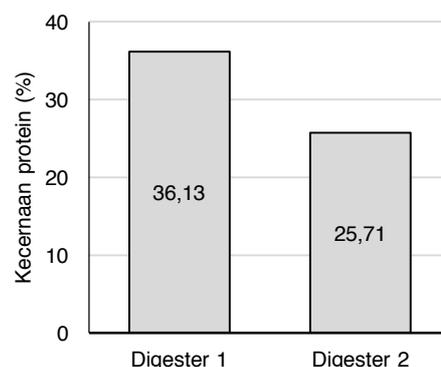
Data pada Tabel 1, menunjukkan bahwa produksi asam asetat pada substrat untuk digester 2 adalah produksi tertinggi dari kandungan parsial VFA yang lain yaitu asam propionat dan asam butirat. *Volatile fatty acid* merupakan hasil biokonversi senyawa organik polimer menjadi monomer pada proses asidogenesis, sedangkan proses asidogenesis merupakan proses penguraian bahan organik kompleks menjadi monomer organik terlarut yang kemudian diurai menjadi hydrogen (H_2) dan karbondioksida (CO_2) serta asam-asam organik volatil seperti asam asetat, asam valerat, asam butirat, yang dapat dihitung sebagai nilai VFA (Gerardi, 2003).

Konsentrasi VFA *slurry* keluaran dari digester 2 pada minggu pertama berada pada konsentrasi tertinggi kemudian berangsur-angsur turun pada minggu-minggu berikutnya (Tabel 1). Penelitian Sutaryo *et al.* (2012) tentang co-digesti *manure* sapi perah dengan padatan *manure* sapi perah yang telah diasamkan juga memperlihatkan fenomena yang relatif sama. Hal ini menandakan bahwa dengan adanya co-digesti dengan substrat yang baru dalam hal ini ampas tahu, dapat meningkatkan produksi senyawa antara hasil dekomposisi substrat untuk dimanfaatkan dalam produksi biogas, dalam hal ini berupa VFA. Konsentrasi yang tinggi dari VFA pada minggu pertama setelah penambahan ampas tahu ini menandakan mikroorganisme metanogenik di dalam digester biogas masih dalam tahap adaptasi dengan substrat yang baru, yaitu ampas tahu. Namun demikian konsentrasi VFA pada minggu-minggu berikutnya berangsur-angsur menurun, dalam hal ini mencerminkan bahwa bakteri

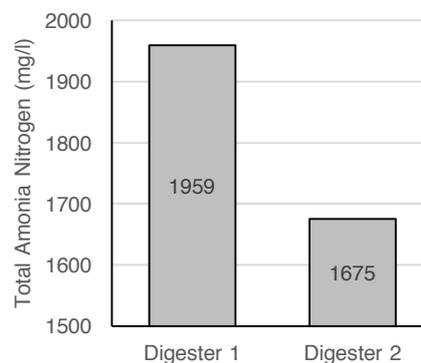
metanogenik di dalam digester dapat beradaptasi dengan baik dengan substrat yang baru, sekaligus menggambarkan bahwa substrat tersebut dapat digunakan untuk co-digesti dengan feses sapi perah.



Figur 1. Pengaruh perlakuan terhadap kecernaan protein dari *slurry* pada digester 1 dan digester 2. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ($P < 0,05$).



Figur 2. Pengaruh perlakuan terhadap kecernaan protein dari *slurry* pada digester 1 dan digester 2. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ($P < 0,05$).



Figur 3. Rata-rata konsentrasi TAN pada digester 1 dan digester 2. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ($P < 0,05$).

Konsentrasi TAN

Data hasil analisis TAN *slurry* menunjukkan bahwa pada digester 1 sebesar 1959 mg/l, dan pada digester 2 sebesar 1675 mg/l. Nilai rata-rata TAN pada *slurry* digester 1 dan digester 2 yang dapat dilihat pada

Figur 3 yang menunjukkan bahwa nilai TAN pada *slurry* dari digester 1 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai TAN pada *slurry* dari digester 2 ($P < 0,05$). Amonia merupakan salah satu hasil dekomposisi PK substrat. Kecernaan PK substrat pada digester 1 terbukti lebih tinggi daripada kecernaan substrat pada digester 2, hal tersebut juga berdampak pada lebih tingginya konsentrasi TAN *slurry* dari digester 1. Amonia pada konsentrasi tertentu diperlukan mikroorganisme untuk menyusun asam amino/protein bagi kelangsungan hidup mikroorganisme, namun amonia dapat bersifat racun bagi mikroorganisme apabila terkandung dalam konsentrasi yang tinggi. Ammonia merupakan produk dekomposisi dari senyawa nitrogen baik dalam bentuk protein maupun urea. Senyawa ammonia merupakan senyawa esensial bagi pertumbuhan mikroorganisme tetapi dalam konsentrasi yang tinggi justru akan bersifat racun bagi mikroorganisme (Nielsen and Ahring, 2007). Kandungan TAN yang melebihi 3000 mg/l pada digester biogas dapat menyebabkan produksi biogasnya dibawah kondisi optimumnya (Sutaryo *et al*, 2015).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan ampas tahu sebagai co-substrat dengan feses sapi sebagai substrat biogas menghasilkan kecernaan protein yang lebih rendah, konsentrasi VFA yang tinggi dan konsentrasi TAN yang lebih rendah. Dengan demikian ampas tahu dapat digunakan sebagai substrat biogas.

Daftar Pustaka

- Chandra, R., Takeuchi, H., Hasegawa, T. 2012. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16:1462–1476. DOI:10.1016/j.rser.2011.11.035.
- Cuetos, M.J., Fernández, C., Gómez, X., Morán, A. 2011. Anaerobic co-digestion of swine manure with energy crop residues. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 16:1044-1052. DOI: 10.1007/s12257-011-0117-4.
- Chu, C.F., Xu, K.Q., Li, Y.Y., Inamori, Y. 2012. Hydrogen and methane potential based on the nature of food waste materials in a two-stage thermophilic fermentation process. *International Journal of Hydrogen Energy* 37:101611-101618. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.04.048.
- Faisal, M., Gani, A., Maulana, F., Daimon, H. 2016. Treatment and utilization tofu waste in Indonesia. *Asian Journal of Chemistry* 28(3):501–507. DOI: 10.14233/ajchem.2016.19372.
- Gerardi, M.H. *The microbiology of anaerobic digesters, waste water microbiology series*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2003.
- Khare, S.K., Jha, K., Gandhi, A.P. 1995. Citric acid production from okara (soy-residue) by solid-state fermentation. *Bioresource Technology* 54(3):323–325. DOI:10.1016/0960-8524(95)00155-7.
- Nielsen, H.B., Ahring, B.K. 2007. Effect of tryptone and ammonia on the biogas process in continuously stirred tank reactors treating cattle manure. *Environmental* 28:905–914. DOI:10.1080/095933328086188485
- Romli, Muhammad, Suprihatin. 2009. Beban pencemaran limbah cair industri tahu dan analisis alternatif strategi pengelolaannya. *Jurnal Purifikasi* 10(2):141–154. DOI:10.12962/j25983806.v10.i2.174.
- Sutaryo., Ward, A. J., Møller, H.B. 2012. Thermophilic anaerobic co-digestion of separated solids from acidified dairy cow manure. *Bioresource Technology*. DOI: 10.1016/j.biortech. 2012.03.041.
- Sutaryo., Ward, A. J., Møller, H.B. 2014. Ammonia inhibition in thermophilic anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture* 39(2):83-90. DOI:10.14710/jitaa.39.2.83-90
- Sarigih, B.R. 2010. Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Waskito, D. 2011. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi di Kawasan Usaha Peternakan. Universitas Indonesia, Depok. Tesis Magister Teknik.
- Wang, C.C.R., Chang S.K.C. 1995. Physicochemical properties and tofu quality of soybean cultivar proto. *Journal Agricultural Food Chemistry* 43(12):3029-3034. DOI:10.1021/jf00060a008.
- Widiarti, B. N., Syamsiah, S., Mulyono, P. 2012. Degradasi substrat volatile solid pada produksi biogas dari limbah pembuatan tahu dan kotoran sapi. *Jurnal Rekayasa Proses* 6(1):14-19. DOI:10.22146/jrekpros.2452.
- Zhou, Y., Zhang, Z., Nakamoto, T., Li, Y., Yang, Y., Utsumi, M., Sugiura, N. 2011. Influence of substrate-to-inoculum ratio on the batch anaerobic digestion of bean curd refuse-okara under mesophilic conditions. *Biomass and Bioenergy* 35 :3251-3256. DOI:10.1026/j.biombioe.2011. 04.002.