

Artikel Riset

Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Enzim Amilase dan Selulase Terhadap Produksi Biogas Dari Limbah Sekam Padi Dengan Metode *Solid State Anaerobic Digestion* (SS-AD)

Impact Analysis in Addition of Amylase Enzyme and Cellulose Enzyme Mixture toward Biogas Production from Rice Husk Waste using Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD) Method

Dyanung Larasati^{1*}, Nurandani Hardyanti¹, Sri Sumiyati¹, Winardi Dwi Nugraha¹, Syafrudin¹.

¹Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Penulis korespondensi, e-mail: dyanunglarasati@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi enzim amilase dan selulase, terhadap laju produksi dan kualitas biogas yang dihasilkan pada produksi biogas dari limbah sekam padi. Sekam padi tersebut diberi *pretreatment* kimia dengan merendamnya ke dalam NaOH 6% selama 24 jam, kemudian dicuci dengan air agar pH menjadi netral dan dijemur hingga kering seperti semula lalu dimasukkan ke dalam reaktor yang telah disiapkan beserta enzim, rumen dan urea. Reaktor yang digunakan bervolume 200 ml dan berjumlah 18 buah dengan masing-masing variabel terdapat dua reaktor. Variasi konsentrasi enzim yang digunakan yaitu 9%, 12%, 15% dan 18%. Pengukuran biogas dilakukan tiap 2 hari sekali selama 60 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan campuran enzim amilase dan selulase dapat meningkatkan *yield* biogas yang dihasilkan, karena *yield* yang dihasilkan oleh reaktor dengan penambahan enzim 9%, 12%, 15% dan 18% secara berturut-turut adalah 604 ml, 935 ml, 1041,5 ml dan 2922,5 ml. Sedangkan reaktor yang tidak diberi enzim hanya menghasilkan *yield* biogas sebesar 115 ml. Laju produksi tertinggi berada pada reaktor yang diberi campuran enzim 18% dengan konstanta laju produksi biogas (U) sebesar 5,39 ml/(grTS.hari), produksi biogas maksimum (A) sebesar 68,53 ml/grTS dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ) sebesar 0,92 hari.

Kata Kunci: Biogas, Enzim Amilase, Enzim Selulase, Sekam Padi, *Solid State Anaerobic Digestion*

Abstract

This research intend to analyze effect of concentrated amylase enzyme and cellulose enzyme, production rate and quality of biogas produced from rice husk waste. The rice husk was given chemical pretreatment by soaking it into NaOH 6 % for 24 hours. Then washed using water so that the pH became normal then dried under the sun before put it inside the reactor with the other enzyme, rumen and urea. The reactor that used has volume of 200ml and has total of 18 reactor with each variable has 2 reactor. Variance of concentrated enzyme that used are 9%, 12%, 15% and 18%. Biogas measurement done every 2 days for 60

days. Result from this research show that addition mixture of amylase enzyme and cellulose enzyme increase yield of biogas that produced. Because yield that produce from reactor with addition of 9%, 12%, 15%, 18% enzyme consecutively are 604 ml, 935 ml, 1041,5 ml and 2922,5 ml. whereas the reactor that not given enzyme only has biogas yield of 115 ml. the highest production rate occur on reactor that were given 18% of enzyme mixture with the production constant rate of 5,39 ml/(grTS day), maximum biogas production amount of 68,53 ml/grTS and the minimum time for biogas to formed is 0,92 days.

Keywords: Amylase Enzyme, Biogas, Cellulose Enzyme, Rice Husk, Solid State Anaerobic Digestion

1. Pendahuluan

Energi sangat penting bagi kehidupan, namun sumber-sumber energi ini terbatas. Minyak dan gas di Indonesia merupakan energi yang paling penting untuk menunjang kehidupan (Budiyono dkk., 2012). Konsumsi energi fosil tersebut antara lain minyak bumi sekitar 48%, gas alam sekitar 18% dan batu bara 30%. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah mulai mencanangkan untuk mencari alternatif sumber energi lain yang dapat menunjang kebutuhan masyarakat tanpa harus menghabiskan energi fosil (dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi).

Biogas dapat mengatasi permasalahan ini. Biogas merupakan energi yang dihasilkan dari bahan organik melalui fermentasi anaerob dan diproduksi dari sumber energi yang dapat diperbarui (Al Saedi, 2008). Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan serta untuk pembangkit listrik dan panas (Radjaram dan Saravanane, 2011). Limbah sekam padi merupakan salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biogas. Di dalam sekam padi terdapat senyawa-senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat dihidrolisis (Andy dkk., 2012). Selulosa dan hemiselulosa dalam sekam padi dapat dihidrolisis menjadi senyawa sederhana yang dapat difermentasi menjadi ethanol atau metana. Metana (CH₄) merupakan bahan bakar yang berguna dan memiliki nilai kalor cukup tinggi yaitu 20 MJ/m³ (Sutarno dkk., 2017). Selain itu sekam padi juga mengandung 8,9% pati (Wilda dan Ellina, 2015). Pati tersebut juga bisa dihidrolisis oleh enzim amilase untuk diubah menjadi gula yang nantinya akan berguna sebagai bahan makanan bakteri di dalam reaktor biogas. Sekam padi juga sangat cocok untuk dijadikan bahan baku produksi biogas karena ketersediaannya di alam yang sangat melimpah. Biro Pusat Statistik tahun 2008 menunjukkan total potensi sekam di Indonesia sendiri mencapai 13 juta ton per tahun. Selain itu selama ini belum banyak orang yang memanfaatkan kembali limbah sekam padi tersebut, sehingga jika menggunakan sekam padi sebagai bahan baku produksi biogas, itu juga membantu mengurangi jumlah limbah sekam padi di alam.

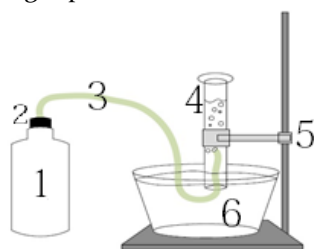
Pretreatment bahan baku dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Banyak proses *pretreatment* yang bisa dilakukan, salah satunya adalah secara biologis (enzimatis) menggunakan mikroorganisme yang dapat menghidrolisis senyawa yang ada di dalam bahan tersebut (Vadiveloo dkk., 2009). Passos dkk. (2016) membuktikan bahwa pemberian enzim selulase pada proses *pretreatment* dapat meningkatkan produksi biogas dari bahan baku mikro alga sebanyak 8% jika dibandingkan dengan yang tidak diberi enzim selulase. Sedangkan G.A Mertahardianti dan S.R Juliastuti (2008) membuktikan bahwa penambahan enzim α -amilase dapat meningkatkan produksi biogas hingga 3,48% dibandingkan dengan yang tidak diberi enzim α -amilase. Jadi sudah terbukti bahwa enzim amilase dan selulase dapat meningkatkan produksi biogas, namun sejauh ini belum ada penelitian yang menambahkan campuran kedua enzim ini secara bersamaan pada proses *pretreatment* tersebut. Untuk itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh campuran enzim amilase dan selulase pada produksi biogas dari limbah sekam padi dengan metode *Solid-State Anaerobic Digestion* (SS-AD). Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh pada masing-masing reaktor adalah jumlah *yield* biogas yang dihasilkan di tiap-tiap reaktornya. Semakin banyak *yield* biogas yang dihasilkan maka menunjukkan pengaruh yang diberikan semakin baik.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian dibagi menjadi empat tahapan yaitu, Tahap Uji Kandungan Total Padatan Sekam Padi, Tahap Persiapan, Tahap Operasi, dan Analisis Hasil. Metode yang dipakai dalam pengumpulan data dibagi menjadi dua, yaitu pengumpulan data primer melalui eksperimen, observasi, dan dokumentasi, sedangkan data sekunder diambil dari studi literatur yang relevan.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi timbangan digital (Acuplus FPA-114/214/314, Tiongkok), pH meter (Eutech pH 6+, Singapura), statif (Globolab NS2-198, Jepang), gelas ukur (Herma 100 ml dan 500 ml, Inggris), selang plastik, ember, botol plastik (ϕ 7 cm, tinggi 20 cm) untuk menampung 1 L bahan uji per reaktor dan karet penutup (ϕ 2 cm). Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi NaOH (Merck, 1 M), enzim amilase (Laboratorium Rekayasa dan Proses Teknik Kimia Undip, 100%), enzim selulase (Novozymes, 100%), urea yang didapat dari toko pertanian, rumen sapi yang diambil dari RPH di Pedurungan, dan sekam padi dari daerah Rowosari. Pada penelitian ini, *Total Solid* (TS) yang digunakan adalah 21% karena SS-AD (Motte dkk., 2013), rasio C/N nya 25% (Erica, 2017), perbandingan air : rumennya 1 : 1 (Budiyono dkk., 2012).

Penelitian ini dimulai dengan menguji Total Padatan sekam padi. dari uji tersebut didapatkan total padatan sekam padi yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 93,4%. Setelah itu melakukan proses *pretreatment* kimia kepada sekam padi berupa perendaman dengan NaOH 6% selama 24 jam (Shandy, 2018). Setelah 24 jam kemudian sekam padi dicuci hingga pH menjadi netral, lalu dijemur hingga kering. Setelah itu dimasukkan ke dalam botol plastik beserta bahan lainnya seperti campuran enzim, urea, rumen, dan air dan kemudian botol plastik (digester) ditutup dengan karet penutup agar keadaan menjadi anaerob. Selanjutnya setiap 2 hari sekali dilakukan pengukuran jumlah biogas dengan cara mengalirkan gelembung udara yang ada di dalam reaktor ke dalam gelas ukur (skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar. 1. Awalnya, gelas ukur dibuat kedap udara dengan cara mengisinya dengan air hingga penuh dan ujung gelas ukur dijaga agar tetap berada di dalam air. Nantinya ketika gelembung udara dari dalam reaktor dialirkan ke dalam gelas ukur melalui selang akan membentuk ruang udara di dalam gelas ukur tersebut. Ruang udara inilah yang diukur dengan membaca satuan mililiter yang ada pada gelas ukur untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan. Selanjutnya data yang dihasilkan dari masing-masing digester selama 60 hari akan dianalisis dengan menggunakan *software Polymath 6.10* untuk mengetahui laju produksinya dan juga perkiraan berapa lama lagi biogas pada reaktor tersebut masih dapat diproduksi.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan Gambar :

1. Botol plastik untuk digester
2. Karet penutup
3. Selang plastik
4. Gelas ukur
5. Statif
6. Ember

3. Hasil dan Pembahasan

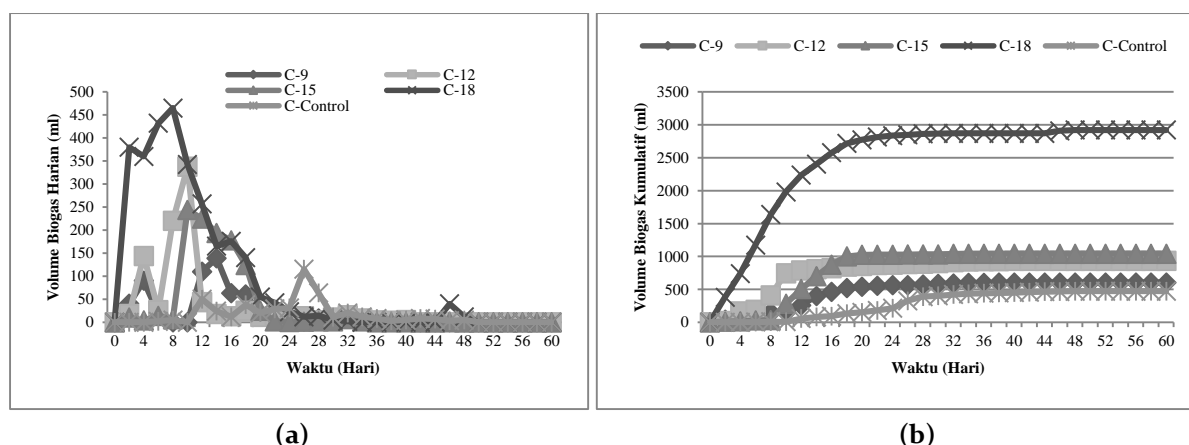
Variasi konsentrasi campuran enzim amilase dan enzim selulase yang digunakan sebagai *pretreatment* biologi adalah 9%, 12%, 15% dan 18% dengan rasio perbandingan antara enzim amilase : enzim selulase adalah 1 : 1. Pemilihan kadar enzim tersebut didasarkan pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Syafrudin dkk. (2008), dimana kadar enzim yang optimum adalah 11% dan itu merupakan kadar tertinggi dalam penelitian tersebut, sehingga pada penelitian ini ditentukan variasi enzim sebesar 9%, 12%, 15% dan 18% untuk mengetahui kadar pemberian enzim yang benar-benar optimum. Penelitian ini menggunakan campuran enzim amilase dan selulase yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh campuran enzim tersebut pada sekam padi dalam produksi biogas dengan metode SS-AD.

Pada Tabel 1 di bawah ini dapat dilihat bahwa penggunaan campuran enzim 18% menghasilkan biogas terbanyak dibandingkan dengan campuran enzim 9%, campuran enzim 12%, campuran enzim 15% dan kontrol. Pada reaktor campuran enzim 9%, campuran enzim 12%, campuran enzim 15%, campuran enzim 18% dan kontrol menghasilkan *yield* biogas kumulatif masing-masing sebanyak 604 ml, 935 ml, 1041,5 ml, 2922,5 ml, dan 472,5 ml.

Tabel 1. Volume pembentukan biogas harian

Hari	9%	12%	15%	18%	Kontrol
0	0	0	0	0	0
2	40	18	10	380	0
4	90	144	4	360	0
6	18	26	14	432	2
8	0	220	7	465	5
10	0	337,5	244	342,5	0
12	110	43,5	225	257	50
14	139	18	194	165	24
16	63	13	178	176	12
18	60	25	124	140	38
20	18	12	25	55	20,5
22	16	13	2	42	29
24	8	3	0,5	23	31
26	2	13	1	12	115
28	8,5	4	2	14	64
30	9,5	10	2	5	11
32	8	15	7	2	20
34	5	8	2	0	12
36	3	4	0	0	8
38	2	3	0	0	3
40	4	5	0	0	5
42	0	0	0	0	8
44	0	0	0	0	7
46	0	0	0	40	3
48	0	0	0	12	5
50	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
Kumulatif	604	935	1041,5	2922,5	472,5
Rata-rata	23,2	35,96	40,058	112,4	18,173
Max	139	337,5	244	465	115

Data volume biogas disajikan sebagai *yield* biogas harian dan kumulatif selama 60 hari penelitian yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik hasil produksi biogas

Gambar 2 (a) merupakan hasil *yield* biogas harian sekam padi secara keseluruhan. Reaktor dengan penambahan enzim 9% (C-9) menunjukkan hasil *yield* biogas paling tinggi pada hari ke-14 yaitu sebanyak 139 ml dan kemudian berangsur-angsur menurun pada hari-hari berikutnya. Pada reaktor dengan penambahan enzim 12% (C-12) menghasilkan *yield* biogas paling tinggi pada hari ke-10 yaitu sebesar 337,5 ml namun pada hari berikutnya terjadi penurunan yang sangat signifikan. Hal ini juga terjadi pada reaktor dengan penambahan enzim sebanyak 15% (C-15). Pada hari ke-10 reaktor C-15 mencapai titik tertinggi produksi biogas yaitu menghasilkan *yield* biogas sebesar 244 ml, lalu pada hari-hari berikutnya terjadi penurunan secara perlahan. Selanjutnya, reaktor dengan penambahan enzim sebesar 18% (C-18) menghasilkan *yield* biogas tertinggi pada hari ke-8 yaitu sebesar 465 ml. Sedangkan untuk reaktor yang tidak diberi campuran enzim (C-Control) baru mencapai titik tertinggi pada hari ke-26 dengan hasil *yield* biogasnya sebesar 115 ml.

Gambar 2 (b) menunjukkan hasil produksi biogas kumulatif. Dari grafik yang dihasilkan dapat terlihat bahwa reaktor dengan penambahan campuran enzim sebanyak 18% menghasilkan total *yield* biogas paling tinggi yaitu sebesar 2922,5 ml dan hasil ini mempunyai perbedaan yang cukup jauh jika dibandingkan dengan reaktor lainnya. Reaktor dengan penambahan campuran enzim sebesar 12% dan 15% mempunyai nilai *yield* biogas yang tidak jauh berbeda yaitu sebesar 935 ml untuk reaktor 12% dan 1041,5 ml untuk reaktor 15%. Sedangkan untuk reaktor dengan penambahan campuran enzim sebanyak 9% memiliki hasil *yield* biogas sebanyak 604 ml, yang hanya memiliki selisih 139,5 ml dengan *yield* biogas yang dihasilkan oleh reaktor yang tidak diberi enzim (kontrol) yaitu sebesar 472,5 ml.

Hal ini membuktikan bahwa pemberian tambahan enzim dapat meningkatkan hasil produksi biogas. Seperti yang terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Passos dkk. (2016), dimana enzim selulase dapat meningkatkan produksi biogas dari bahan baku mikro alga hingga sebanyak 8%. Hal serupa juga terdapat pada penelitian Wang dkk. (2018), dimana enzim selulase dapat meningkatkan hasil biogas dari limbah tanaman jagung hingga 36,9%. Dan tidak hanya dari segi enzim selulasenya saja, enzim amilase juga terbukti dapat meningkatkan hasil produksi biogas. Hal ini juga terlihat pada penelitian yang dilakukan Metahardianti dkk. (2008) yang membuktikan bahwa pemberian enzim α -amilase dapat meningkatkan produksi biogas hingga 3,48%. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan Dubrovskis dkk. pada tahun 2019 yang menunjukkan enzim α -amilase dapat meningkatkan produksi biogas dari bahan baku pelet daun birch hingga 22,9%. Sehingga hasil yang didapat pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Matin dkk. (2018) yang menyatakan bahwa perlakuan *pretreatment* biologi dengan menambahkan enzim dapat meningkatkan produksi biogas, khususnya dari limbah sekam padi. Selain itu, hasil penelitian ini juga melanjutkan penelitian Syafrudin dkk., pada tahun 2018 yang menyatakan bahwa kadar optimum pemberian enzim pada penelitian tersebut sebesar 11%, karena melalui penelitian ini dapat diketahui bahwa pemberian enzim sebanyak 18% mampu meningkatkan produksi biogas dan menjadi hasil paling optimum pada penelitian ini. Jika dibandingkan dengan rangkaian penelitian lainnya yang sejalan dengan penelitian ini, maka dapat terlihat bahwa

metode SS-AD dapat menghasilkan biogas lebih tinggi jika dibandingkan dengan L-AD. Hal ini terlihat pada penelitian Christina (2020) yang juga meneliti pengaruh penambahan campuran enzim amilase dan selulase dengan variasi yang sama namun menggunakan metode L-AD. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa biogas paling tinggi yang dihasilkan berada pada reaktor dengan penambahan enzim 18% seperti pada penelitian ini, namun hasil yang didapat hanya sebesar 295,1 ml. Begitu pula pada penelitian Khairunnisa (2020) yang juga merupakan satu rangkaian penelitian yang sama, ia meneliti pengaruh penambahan enzim amilase dan selulase secara terpisah dengan metode L-AD, dan hasil yang didapat ternyata juga lebih rendah dari pada penelitian Wafiroh (2020) yang juga meneliti pengaruh penambahan enzim amilase dan selulase secara terpisah namun dengan metode SS-AD. Pada penelitian Khairunnisa, hasil biogas tertinggi yang bisa berada pada reaktor dengan penambahan enzim 18%, yaitu hanya sebesar 981 ml, sedangkan pada penelitian Wafiroh, reaktor yang menghasilkan hasil biogas tertinggi juga reaktor yang diberi enzim amilase 18% dengan biogas yang dihasilkan sebesar 1466 ml. Hal ini membuktikan bahwa metode SS-AD mampu menghasilkan biogas lebih tinggi daripada metode L-AD. Lalu jika dibandingkan berdasarkan cara pemberian enzimnya, jika penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Wafiroh maka dapat diketahui bahwa pemberian enzim yang dicampur dapat menghasilkan biogas yang lebih tinggi daripada menambahkan enzim secara terpisah. Dari penelitian Wafiroh dapat diketahui bahwa reaktor yang menghasilkan biogas paling tinggi adalah reaktor yang diberi enzim amilase sebesar 18%, dengan hasil yang didapat sebesar 1466 ml dan reaktor yang diberi enzim selulase sebesar 18% hanya menghasilkan 1075 ml. Sedangkan pada penelitian ini, biogas tertinggi berada pada reaktor yang diberi tambahan enzim 18% dengan hasil yang didapat 2922,5 ml.

Enzim sendiri sangat diperlukan untuk mensintesis senyawa (substrat) yang mengandung karbon (Mujdalipah, 2014). Biasanya enzim tersebut akan diproduksi oleh mikroorganisme yang bekerja pada tahap hidrolisis pada proses pembentukan biogas. Oleh karena itu, dengan diberi tambahan enzim dari luar maka dapat mempercepat proses sintesis senyawa karbon tersebut sehingga proses pembentukan biogas dapat berjalan lebih cepat. Enzim berfungsi sebagai katalisator, yaitu senyawa yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia (Marks dalam Supriatna dkk., 2015). Selulase sendiri memiliki sistem enzim yang terdiri dari endo-1,4- β -glukanase, ekso-1,4- β -glukanase dan β -D-glukosidase. Ketiga enzim ini bekerja secara sinergis mendegradasi selulosa dan melepaskan gula pereduksi sebagai produk akhirnya. Endo-1,4- β -glukanase memotong ikatan rantai dalam selulosa menghasilkan molekul selulosa yang lebih pendek, ekso-1,4- β -glukanase memotong ujung rantai selulosa menghasilkan molekul selobiosa, sedangkan β -D-glukosidase memotong molekul selobiosa menjadi dua molekul glukosa (Purkan dkk., 2015). Sedangkan molekul amilum akan dipercah oleh enzim amilase pada ikatan α -1,4-glikosida dan α -1,6-glikosida (Supriatna dkk., 2015).

Selain itu, salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis laju produksi biogas dari limbah sekam padi dengan penambahan campuran enzim amilase dan enzim selulase dengan metode SS-AD. Data yang telah diperoleh, kemudian diselesaikan secara numerik dengan regresi non linear menggunakan *Polymath 6.10*. Pada *Polymath*, akan didapatkan konstanta laju produksi biogas (U), produksi biogas maksimum (A), dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ).

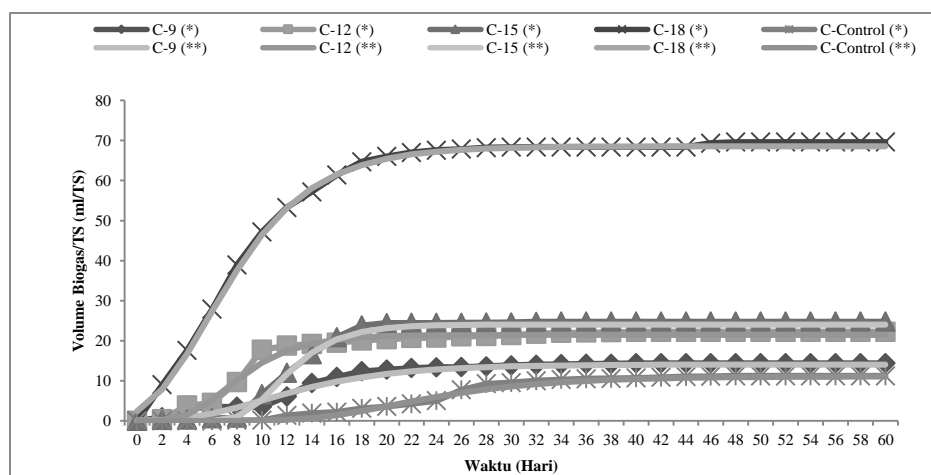
Tabel 2. Konstanta kinetika yang didapat dari *software Polymath 6.10*

Konstanta	C-9 (ml)	C-12 (ml)	C-15 (ml)	C-18 (ml)	Kontrol (ml)
A, (ml/grTS)	14,08	21,47	24,08	68,53	11,11
U, ml/(grTS,hari)	0,89	2,53	3,23	5,39	0,61
λ , (hari)	4,27	3,94	8,41	0,92	14,01

Melalui tabel 2 di atas dapat diketahui bahwa penambahan enzim amilase dan selulase dapat meningkatkan laju produksi biogas yang dihasilkan. Reaktor C-18 menghasilkan laju produksi paling tinggi dibandingkan dengan reaktor lain, karena mempunyai konstanta laju produksi biogas (U) sebesar

5,39 ml/(grTS hari), produksi biogas maksimum (A) sebesar 68,53 ml/grTS dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ) sebesar 0,92 hari. Sedangkan untuk reaktor dengan laju produksi paling rendah adalah reaktor C-Control karena hanya menghasilkan konstanta laju produksi biogas (U) sebesar 0.606855 ml/(grTS hari), produksi biogas maksimum (A) sebesar 11.1126 ml/grTS dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ) sebesar 14.01395 hari. Konstanta laju produksi biogas (U), produksi biogas maksimum (A), dan waktu minimum terbentuknya biogas (λ) dari reaktor yang lain secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.

Selain didapatkan konstanta kinetika, melalui *software Polymath 6.10* juga didapatkan jumlah *yield* biogas per TS yang dihasilkan berdasarkan perhitungan. Berikut adalah grafik perbandingan antara *yield* biogas per TS yang dihasilkan berdasarkan pengamatan dengan *yield* biogas per TS yang dihasilkan berdasarkan perhitungan. Tanda (*) menunjukkan data *yield* biogas per TS berdasarkan pengamatan, dan tanda (**) menunjukkan data *yield* biogas per TS berdasarkan perhitungan.

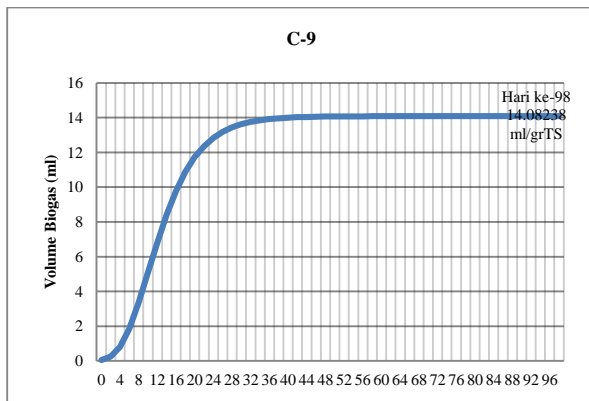


Gambar 3. Grafik perbandingan *yield* biogas berdasarkan pengamatan dengan *yield* biogas berdasarkan perhitungan

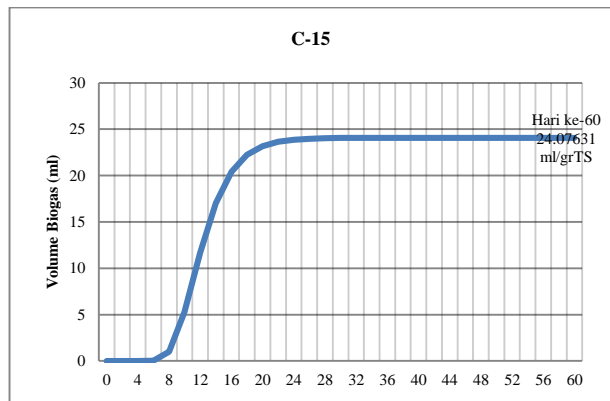
Melalui gambar 3 tersebut dapat disimpulkan bahwa perhitungan pada *software Polymath 6.10* sudah akurat karena sesuai dengan hasil yang didapat di lapangan. Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa penambahan campuran enzim amilase dan selulase dapat meningkatkan laju produksi biogas karena seperti yang terlihat pada gambar, reaktor C-Control mempunyai laju produksi paling rendah yaitu sebesar 11,25 ml/grTS. Dan juga, pemberian campuran enzim amilase dan selulase dari yang paling besar ke yang paling kecil persentasenya juga sesuai dengan urutan hasil *yield* biogas per TS yang didapatkan. Reaktor C-18 menghasilkan total nilai *yield* biogas per TS tertinggi yaitu sebesar 69.5833 ml/grTS, lalu tertinggi kedua adalah reaktor C-15 dengan total nilai *yield* biogas per TS sebesar 24.79762 ml/grTS, lalu urutan berikutnya adalah reaktor C-12 dengan total nilai *yield* per TS nya sebesar 22.2619, dan yang terakhir adalah reaktor C-9 dengan total nilai *yield* biogas per TS sebesar 14.38095 ml/grTS. Hal ini selaras dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Speda dkk. pada tahun 2017 yang menunjukkan bahwa pemberian enzim selulase dapat meningkatkan produksi biogas dari bahan baku yang mengandung lignoselulosa hingga 19% serta penelitian G.A. Mertahardianti dan S. R. Juliastuti pada tahun 2008 yang membuktikan bahwa penambahan enzim α -amilase dapat meningkatkan produksi biogas hingga 3,48%. Pada penelitian ini, terbukti bahwa walaupun kedua enzim tersebut dicampur tetap dapat meningkatkan produksi biogas sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian enzim selulase dan amilase yang dicampur juga dapat meningkatkan produksi biogas, khususnya bagi limbah sekam padi.

Waktu pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 60 hari. Namun demikian, dengan menggunakan *software Polymath 6.10*, dapat diprediksi berapa lama kemungkinan biogas tersebut masih dapat diproduksi pada masing-masing reaktor dan tidak hanya terbatas 60 hari saja.

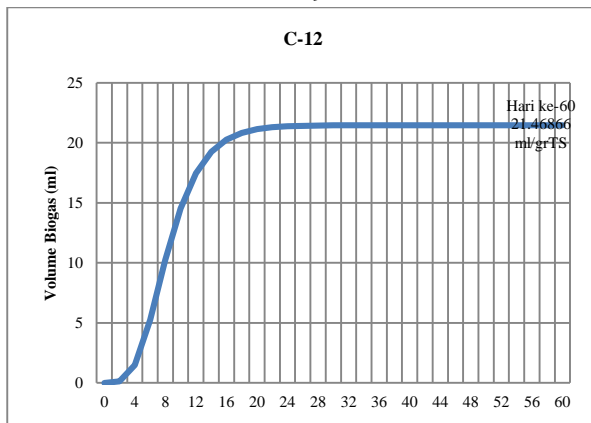
Berikut adalah grafik hasil perhitungan prediksi biogas yang masih dapat diproduksi pada masing-masing reaktor.



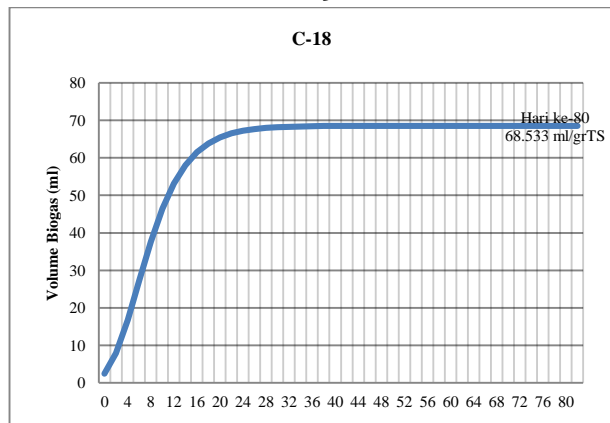
Gambar 4. Grafik hasil perhitungan untuk reaktor C-9



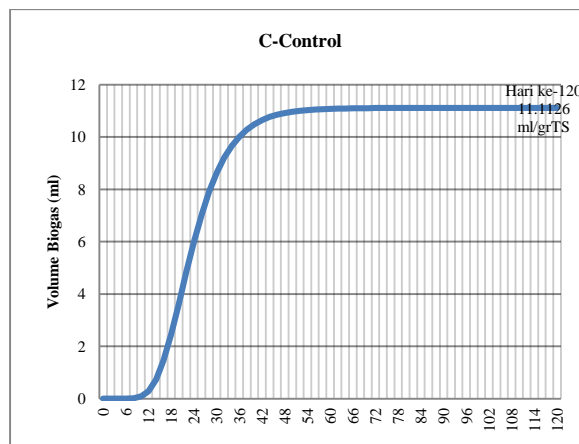
Gambar 6. Grafik hasil perhitungan untuk reaktor C-15



Gambar 5. Grafik hasil perhitungan untuk reaktor C-12



Gambar 7. Grafik hasil perhitungan untuk reaktor C-18



Gambar 8. Grafik hasil perhitungan untuk reaktor C-Control

Dari ke-empat gambar di atas dapat terlihat bahwa reaktor yang masih dapat menghasilkan biogas paling lama sebenarnya adalah reaktor kontrol, yaitu mampu menghasilkan biogas hingga hari ke-120, namun hasil maksimal *yield* biogas yang bisa didapatkan paling sedikit, yaitu hanya sebesar 11.1126 ml/grTS. Sedangkan reaktor C-12 dan C-15 merupakan reaktor yang paling cepat berakhir masa produksi biogasnya karena hanya mampu menghasilkan biogas hingga hari ke-60, namun hasil *yield* biogas maksimum yang bisa dihasilkan lebih tinggi daripada reaktor kontrol. Reaktor C-12 mampu

menghasilkan hingga 21,46866 ml/grTS dan untuk reaktor C-15 mampu menghasilkan *yield* biogas hingga 24,07631 ml/grTS. Selain itu, untuk reaktor C-9, ia mampu menghasilkan biogas hingga hari ke-98 dengan total maksimum biogas yang dihasilkan 14,08238 ml/grTS, dan untuk reaktor C-18, ia mampu menghasilkan biogas hingga hari ke-80 dengan total *yield* biogas maksimum yang bisa dihasilkan paling tinggi jika dibandingkan dengan reaktor yang lainnya, yaitu sebesar 68,533 ml/grTS.

Hasil-hasil ini membuktikan bahwa campuran enzim amilase dan selulase terbukti dapat meningkatkan produksi biogas dari limbah sekam padi. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Bonilla dkk., pada tahun 2018 yang membuktikan bahwa enzim dapat meningkatkan pencernaan anaerobik hingga 26%. Pencernaan anaerobik tersebut yang menyebabkan struktur lignoselulosa di dalam sekam padi lebih mudah disintesis sehingga laju produksinya pun lebih tinggi yang ditandai dengan waktu minimal untuk memproduksi biogas (λ) yang dibutuhkan lebih cepat dan produksi biogas maksimumnya (A) lebih tinggi.

Selanjutnya, pada penelitian ini juga dapat ditarik kesimpulan mengenai kinerja reaktor dari masing-masing variasi penelitian. Perbedaan volume yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas menjadi tolak ukur untuk menentukan kualitas biogas pada penelitian ini. Semakin banyak volume yang dihasilkan dan semakin cepat waktu produksi yang dibutuhkan maka semakin baik pula kualitas biogas tersebut. Dasar dari pemilihan tolak ukur ini karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan sumber energi alternatif yang banyak dijumpai disekitar dengan jumlah yang melimpah dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, sehingga semakin banyak volume yang dihasilkan dan semakin cepat pula waktu produksinya maka akan semakin efektif dan efisien bagi masyarakat untuk memanfaatkannya.

Dari data yang telah didapat dapat disimpulkan bahwa reaktor yang menunjukkan kualitas paling baik adalah reaktor C-18 karena menghasilkan volume biogas tertinggi yaitu sebesar 2922,5 ml dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas paling cepat yaitu 0,91997 hari. Untuk reaktor C-15, ia menghasilkan biogas sebanyak 1041,5 ml yang merupakan volume terbanyak kedua setelah reaktor C-18, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas adalah 8.412468 hari yang relatif lambat. Hal ini berkebalikan dengan reaktor C-12 dan C-9. Keduanya memiliki volume biogas yang tidak terlalu besar, namun waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas relatif lebih cepat daripada reaktor C-15. Reaktor C-12 menghasilkan 935 ml biogas dan reaktor C-9 menghasilkan 604 ml biogas dengan waktu yang dibutuhkan masing-masing sebesar 3,942374 dan 4,267724 hari. Jika dibandingkan dengan reaktor yang lain, reaktor kontrol mempunyai kualitas biogas paling rendah karena ia menghasilkan biogas paling sedikit yaitu hanya sebesar 472,5 ml dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas juga paling lama yaitu 14,01395 hari. Secara ringkas, perbandingan total volume biogas yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan total volume biogas dan waktu yang dibutuhkan masing-masing reaktor

No.	Nama Reaktor	Total Volume Biogas yang Dihasilkan (ml)	Waktu yang Dibutuhkan Untuk Memproduksi Biogas (hari)
1	C-18	2922,5	0,92
2	C-15	1041,5	8,41
3	C-12	935	3,94
4	C-9	604	4,27
5	Kontrol	472,5	14,01

Pada tabel 3 di atas dapat terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas semakin pendek seiring dengan meningkatnya konsentrasi enzim yang ditambahkan. Namun terdapat anomali pada reaktor C-15. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya sedikit kerusakan atau keterlambatan proses aktivasi enzim pada reaktor C-15 akibat paparan cahaya matahari yang berlebih, karena setiap enzim memiliki aktivitas maksimum pada suhu tertentu, biasanya aktivitas enzim akan

meningkat seiring dengan bertambahnya suhu hingga mencapai suhu optimum. Namun, jika terjadi kenaikan suhu melebihi itu dapat menyebabkan aktivitas enzim menurun (Supriatna dkk., 2015). Hal inilah yang mungkin terjadi pada reaktor C-15 karena posisi peletakan reaktor pada jam tertentu terkena paparan cahaya matahari langsung dan baru disadari oleh peneliti pada hari ke-6.

4. Kesimpulan

Pemberian campuran enzim amilase dan selulase dapat meningkatkan hasil *yield* biogas, laju produksi biogas dan juga dapat meningkatkan kualitas biogas yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dari data yang diperoleh yaitu reaktor yang diberi campuran enzim dengan variasi 9%, 12%, 15% dan 18% menghasilkan *yield* biogas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan reaktor yang tidak diberi campuran enzim. Dan *yield* biogas tertinggi berada pada reaktor dengan penambahan campuran enzim 18%. Selain itu, reaktor dengan campuran enzim amilase dan selulase sebanyak 18% mampu menghasilkan konstanta laju produksi tertinggi pada penelitian ini yaitu 5,39 ml/(grTS,hari) sedangkan reaktor yang tidak diberi campuran enzim hanya mampu menghasilkan konstanta laju produksi biogas sebesar 0,61 ml/(grTS,hari). Reaktor yang diberi campuran enzim amilase dan selulase juga mempunyai kualitas yang lebih baik, ditandai dengan hasil *yield* biogas maksimumnya relatif lebih tinggi dan waktu minimum yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas relatif lebih cepat daripada reaktor yang tidak diberi campuran enzim. Pada penelitian ini, kualitas terbaik berada pada reaktor dengan penambahan campuran enzim sebesar 18% yang mempunyai hasil *yield* biogas maksimum sebesar 2922,5 ml dan waktu minimum untuk memproduksi biogas yaitu 0,919976 hari. Sedangkan reaktor yang tidak diberi campuran enzim hanya menghasilkan *yield* biogas maksimum sebesar 472,5 ml dan waktu minimum yang dibutuhkan untuk memproduksi biogas yaitu 14,01395 hari.

Untuk melengkapi penelitian ini diperlukan adanya penelitian lanjutan dengan variasi pemberian campuran enzim amilase dan selulase yang berbeda tetapi tetap menggunakan metode SS-AD agar diketahui kadar optimal campuran enzim untuk meningkatkan produksi biogas. Dan juga perlu adanya penelitian lanjutan guna melihat kualitas biogas yang dihasilkan dari segi komposisi metana dan nilai kalor yang dihasilkan agar dapat diketahui dengan lebih akurat mengenai potensinya untuk menjadi sumber energi alternatif.

Daftar Pustaka

- Al Saedi, Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., dkk., 2008. Biogas. University of Southern : Denmark.
- Andy C., Miryanti, A., Widjaja L.B., & Pramudita A., 2012. Isolasi dan karakterisasi silika dari sekam padi. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Bonilla, S., Choolaei, Z., Meyer, T., Edwards, E.A., & Yakunin, A.F., 2018. Evaluating The Effect of Enzymatic Pretreatment on The Anaerobic Digestibility of Pulp and Paper Biosludge. Biotechnology Report 17 : 77-85.
- Budiyono, Putri, D, A., Saputro, R, R., 2012. Biogas production from cow manure. International Journal of Renewable Energy Development. 61-64.
- Christina, D., Nugraha, W.D., Syafrudin., 2020. Pengaruh campuran enzim amilase dan selulase pada 4 konsentrasi terhadap produksi biogas dari limbah sekam padi dalam kondisi liquid anaerobic digestion (L-AD). Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Dubrovskis, V., Plume, I., & Straume, I., 2019. Use of enzyme alpha amylase to increase biogas yield from lucerne pellets and birch leaves pellets. Engineering for Rural Development, 18, 1394-1400.
- Mertahardianti G.A., & Juliastuti, S.R., 2008. Pengaruh enzim α -amilase dalam pembuatan biogas dari limbah padat tapioka yang melibatkan Effective Microorganism (EM) dalam anaerobic digester. Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Khairunnisa, A., Syafrudin, Nugraha, W.D., 2020. Pengaruh enzim amilase dan selulase terhadap produksi biogas dari limbah sekam padi dengan metode liquid anaerobic digestion (L-AD). Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Matin, H.H.A. & Hadiyanto. 2018. Optimasi produksi biogas dengan metode solid state anaerobic digestion (SS-AD) dengan memanfaatkan limbah sekam padi sebagai substrat. Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Motte, J.C., R. Escudie, N. Bernet, J.P. Delgenes, J. P. Steyer, C. Dumas. 2013. Dynamic effect of total solid content, low substrate/inoculum ratio and particle size on solid-state anaerobic digestion. *Journal Bioresource Technology*. Vol. 144, 141-148.
- Mujdalipah, S., Dohong, S., Suryani A., & Fitria, A., 2014. Pengaruh waktu fermentasi terhadap produksi biogas menggunakan digester dua tahap pada berbagai konsentrasi palm oil-mill effluent dan lumpur aktif. *Agritech*, Vol. 34. No.1.
- Naufala, Wilda, A., & Ellina S. 2015. Hidrolisis eceng gondok dan sekam padi untuk menghasilkan gula reduksi sebagai tahap awal produksi bioetanol. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 4, No.2.
- Passos, F., Horn-Diaz, A., Blaquez, P., Vicent, T., Ferrer, I., 2016. Improving biogas production from microalgae by enzymatic pretreatment. *Journal Bioresource Technology*. Vol. 199, 347-351.
- Purkan, Purnama H.D., dan Sumarsih S., 2015. Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tebu Sebagai Induser. *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 16 No. 2, Juli 2015 : 95-102.
- Radjaram, B., dan Saravane, R., 2011. Assessment of optimum dilution ratio for biohydrogen production by anaerobic co-digestion of press mud with sewage and water. *Bioresource Technology*, 102, 2773-2780.
- Saputri, Erica S., Syafrudin, Nugraha, W.D., 2017. Studi pengaruh metode L-AD dan SS-AD terhadap produksi biogas dari limbah sekam padi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 3, 2017, pp. 1-9.
- Speda, J., Johansson, M. A., Odnell, A., & Karlsson, M. (2017). Enhanced biomethane production rate and yield from lignocellulosic ensiled forage ley by in situ anaerobic digestion treatment with endogenous cellulolytic enzymes. *Biotechnology For Biofuels*, 10(1), 1-13.
- Supriyatna, A., Amalia, D., Jauhari, A.A., Holydaziah, D., 2015. Aktivitas enzim amilase, lipase dan protase dari larva. *ISSN 1979-8911 Edisi Juli 2015* Vol. IX No. 2.
- Sutarno, N., 2007. Materi dan pembelajaran IPA SD. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Syafrudin, Nugraha W.D., Agnesia, S.S., Matin, H.H.A., and Budiyono., 2018. Enhancement of biogas production from rice husk by NaOH and enzyme pretreatment. *E3S Web of Conferences* 31, 02002.
- Taherzadeh, M. J., Karimi, K. 2008. Pretreatment of lignocellulose wastes to improve ethanol and biogas production: A review. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi.
- Vadiveloo, J., Nurfariza, B., Fadel, J.G., 2009. Nutritional improvement of rice husks. *Anim Feed Sci Technol* 56: 299-355.
- Wafiroh, H., Nugraha, W.D., Syafrudin. 2020. Pengaruh enzim amilase dan selulase terhadap produksi biogas dari limbah sekam padi dengan metode solid state anaerobic digestion (SS-AD). Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Wang, S., Li, F., Wu, D., Zhang, P., Wang, H., Tao, X., ... Nabi, M., 2018. enzyme pretreatment enhancing biogas yield from corn stover: feasibility, optimization, and mechanism analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(38), 10026-10032