

PENGARUH LAJU UMPAN LIMBAH CAIR INDUSTRI GULA RAFINASI TERHADAP PRODUKSI BIOGAS (ENERGI TERBARUKAN)

Rahmiah Sjafruddin¹⁾, Lasire¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

Biogas is an alternative fuel that is environmentally friendly and can be produced using raw materials from solid or liquid waste containing organic compounds. The raw material for making biogas in this study is to use raw materials for the refined sugar industry's liquid waste with the aim that the industrial liquid waste can be optimized for its utilization so that it does not become a pollutant for the environment and can produce renewable energy and become alternative fuels for industries and household. In long term, it is also hoped that the result of this fuel can be converted into electrical energy. Along with that the results of this research are expected to establish cooperative relations with the industrial world regarding the processing of liquid waste. The research strategy was carried out by acclimatizing the starter of refined sugar liquid waste (70%) with cow dung (30%) for 21 days. Acclimatization for 21 days gives a biogas flame in blue and stable condition. The next process is the feed process (in this step the bait is liquid waste) with variation of 0.5 L and 1,5 L in a semi-continuous biodigester with a capacity of 20 L with an operating volume of 16 L. The purpose of this study was (1) to determine the effect of bait composition (0,5 L/day, 1 L/day, 1,5 L/day) refined sugar industry waste water on biogas production with good methane gas content (flame test). (2) Determine the optimum time to produce steady state condition for biogas production with good methane gas (blue flame). The result of the research on the feed process, the production of biogas are increased but the methane gas formed decreased (dead flame). Biogas on feed substrate 0,5 L and 1 L produce biogas with blue flame until 5th feed (day 30) and feed volume 1,5 L produces blue flame until 4th feed (day 28).

Keywords : *Biogas, Feed substrate, Methane, Waste sugar*

1. PENDAHULUAN

Limbah cair industri gula rafinasi dengan kandungan nilai *chemical oxygen demand* (COD) sekitar 8500 ppm, *volatile solid* (VS) berkisar 97% - 99% dan pH sekitar 6 - 7., (Sjafruddin, R., 2017). Parameter ini memberikan gambaran bahwa limbah cair tersebut mengandung bahan organik yang sangat tinggi yang akan memberikan efek buruk bagi lingkungan jika langsung dibuang. Oleh karena itu, limbah cair industri gula perlu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan atau badan air/perairan. Salah satu cara pengolahan yang dapat dilakukan untuk limbah cair industri gula adalah dengan pengolahan secara biologi dengan menggunakan bantuan mikroorganisme yang bekerja secara anaerob. Penelitian dengan proses anaerob secara *batch* telah dilakukan dengan melakukan variasi komposisi limbah cair industri gula dengan kotoran sapi dengan hasil terbaik pada komposisi 70% : 30% dengan waktu tinggal 6 minggu dengan kemampuan degradasi kandungan senyawa organik sekitar 43%, (Sjafruddin, R., 2017). Pada proses *batch* kondisi keterbatasan substrat dan akumulasi produk yang menyebabkan akan terjadi fase kematian dari mikroorganisme. Keterbatasan pada proses *batch* dapat diatasi jika sistem beroperasi secara semi kontinyu atau kontinyu. Pada penelitian ini dilakukan pengkajian dengan melihat pengaruh komposisi laju umpan (0,5 L/hari, 1 L/hari, 1,5 L/hari) limbah cair industri gula rafinasi terhadap produksi biogas dengan kadar gas metana yang baik (uji nyala), dan parameter slurry dalam biodigester serta waktu optimum untuk menghasilkan kondisi produksi biogas dengan gas metana yang baik (nyala api yang biru). Proses pengumpanan, dengan laju umpan yang terlalu besar yakni kandungan COD, VS yang tinggi akan menyebabkan terjadinya *washed out* bagi mikroorganisme dan terbetuknya asam-asam yang lebih banyak dan menghambat pembentukan gas metana. Pada proses pengumpanan loading rate merupakan banyaknya material pada volatile solid (VS), COD yang dimasukkan ke dalam biodigester dalam waktu tertentu (per 2 hari) per volume operasi biodigester. Menurut Alvarez and Liden (2008), waktu tinggal proses pembuatan biogas dari campuran bahan organik, limbah hewan, dan kotoran sapi selama 30 hari. Sementara Viswanath, dkk (1991), dengan bahan baku sampah buah dan sayur untuk produksi biogas dengan waktu tinggal 20 hari. Kesuksesan proses start-up proses aklimatisasi dan pengoperasian sistem anaerobik sangat ditentukan dengan keseimbangan mikroorganisme hidrolitik dan asetogenesis yang terlibat pada tahap pertama dan

¹⁾ Korespondensi penulis: Rahmiah Sjafruddin, Telp 081355467803, rahmiah.sjafruddin@gmail.com

mikroorganisme metanogenesis yang bertanggung jawab untuk tahap kedua (pembentukan gas metana). Mikroorganisme pada tahap pertama memiliki kecenderungan pertumbuhan yang cepat (1 – 4 hari) dengan kondisi pH 5 – 8 sementara mikroorganisme tahap kedua (metanogenesis) pertumbuhan mikroorganisme lebih lambat (5 – 16 hari) dengan kondisi keasaman slury di dalam biodigester berkisar 6,5 – 7,5 (Deublein, 2008). Kondisi operasi dengan slury di dalam biodigester memiliki pH 6,5 – 7 akan menghasilkan biogas dengan nyala api biru. Kondisi ini merupakan kondisi yang stabil bagi pertumbuhan mikroorganisme metanogenesis di mana waktu tinggal berkisar 21 hari. Pengkajian pembuatan biogas secara semi kontinyu atau kontinyu merupakan proses operasi pembuatan biogas yang diharapkan dapat diaplikasikan di lingkungan masyarakat dan industry yang menghasilkan limbah cair setiap hari dengan tujuan mengendalikan efek pencemaran bagi lingkungan. Hasil penelitian pada Proses pengumpanan menghasilkan biogas yang meningkat namun gas metana terbentuk mengalami penurunan (nyala api mati) di mana parameter TS, VS yang fluktuatif dan nilai COD yang cenderung turun. Produk biogas pada pengumpanan substrat 0,5 L dan 1 L menghasilkan biogas dengan nyala api biru sampai pada pengumpanan ke-5 (hari ke-30) dan pengumpanan dengan volume umpan 1,5 L menghasilkan nyala api biru sampai pada umpan ke-4 (hari ke-28).

2. METODE PENELITIAN

Start-up biodigester anaerob semi kontinyu untuk proses pengumpanan (setiap 2 hari) dengan melakukan proses aklimatisasi campuran substrat limbah cair industri gula 70% dicampur kotoran sapi 30% selama 21 hari. *Slury* di dalam biodigester anaerob semi kontinyu dengan kapasitas volume total sebesar 20 liter dan volume kerja cairan efektif sebesar 16 liter. Aklimatisasi selama 21 hari dihasilkan produk biogas dengan nyala api biru (stabil). Proses pengumpanan limbah cair industri gula dengan laju umpan masing-masing 0,5 L, 1 L, dan 1,5 L. Tahapan Pengumpanan dengan melakukan analisis karakteristik umpan limbah cair dengan parameter pH, TS, VS dan, COD. Proses di dalam biodigester akan dipantau dengan melakukan analisis *slury* berupa, pH dan temperatur yang dilakukan setiap hari, dan analisis *slury (efluen)* berupa TS, VS, dan COD, serta uji nyala produk biogas setiap pekan. Proses ini dipantau selama waktu operasi sampai diperoleh kondisi dengan produksi biogas parameter uji nyala yang dihasilkan. Melakukan proses pengulangan pengumpanan dengan komposisi umpan limbah cair dengan komposisi 1 liter/hari, dan 1,5 liter/hari. Metoda analisis *total solid* (TS) dengan pemanasan (oven), dan *volatile solid* (VS), dilakukan dengan metode pemanasan (pengabuan), sementara untuk metode analisis penentuan nilai COD dengan metode refluks. Kualitas biogas diukur dengan uji nyala api yang dihasilkan (warna merah/kadar metana rendah dan warna biru/kadar gas metana lebih tinggi dari pada gas CO₂).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses aklimatisasi starter

Hasil pengamatan selama proses start-up proses aklimatisasi starter dengan komposisi 70% limbah cair gula rafinasi dengan 30% kotoran sapi di dalam biodigester diketengahkan dengan melihat parameter berupa pH, TS, VS, COD dan nyala api biogas sampai diperoleh nyala yang biru. Adapun data parameter slury pada proses aklimatisasi starter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter proses aklimatisasi starter untuk setiap laju pengumpanan.

Waktu (hari)	Parameter starter setiap pengumpanan											
	0.5 L				1 L				1,5 L			
	pH	TS (%)	VS (%)	COD (mg/L)	pH	TS (%)	VS (%)	COD (mg/L)	pH	TS (%)	VS (%)	COD (mg/L)
1	7	2,09	98,01	10200	7	2,09	98,01	10200	7	1,09	96,79	10200
7	6.5				6.5							
14	7				7							
21	7	4,14	97,14	7900	7	4,14	97,14	7500	7	1,23	95.67	7390

Selama proses aklimatisasi starter, pemantauan dilakukan dengan pengamatan parameter berupa total solid (TS), volatile solid (VS), dan COD serta kondisi di dalam biodigester berupa pH dan temperature. Produk biogas diuji dengan melakukan uji nyala. Kondisi temperatur di dalam biodigester berada pada kisaran 28 – 30°C, di mana kondisi temperatur cenderung dipengaruhi kondisi lingkungan. Adapun hasil uji nyala biogas yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2

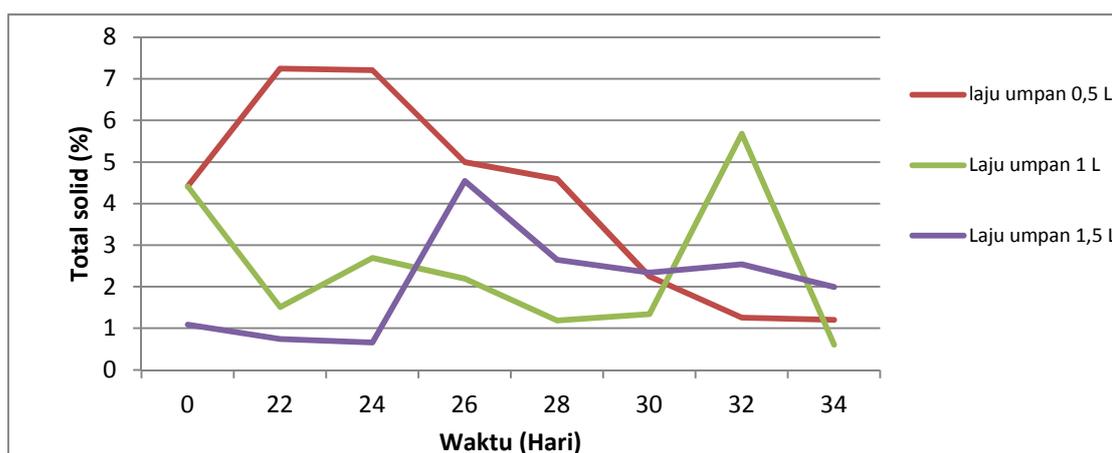
Tabel 2. Hasil Nyala Biogas pada start-up Starter

Hari ke-	pH slury	Uji Nyala Api	Warna
1	7	Belum ada gas	-
7	6,5	Mati/api masuk biodigester	-
14	7	Nyala/belum stabil	Merah
21	7	Nyala stabil	Biru

Pada Tabel 1, terlihat bahwa parameter berupa pH awalnya pada kondisi 7 kemudian terjadi penurunan (6,5), kemudian naik kembali dan stabil pada nilai 7. Sementara parameter TS untuk setiap variabel mengalami peningkatan dan parameter VS, COD cenderung mengalami penurunan. Pada Tabel 2 terlihat produk biogas pada start-up starter dimana pada hari ke-21 terlihat nyala api biogas yang biru dan stabil. Kondisi inilah yang menjadi acuan bahwa konsorsium mikroorganisme asetogenesis dan metanogenesis dalam kondisi yang seimbang. Kondisi di dalam biodigester dianggap sebagai kondisi yang sudah siap mengalami kondisi operasi yang berubah dalam hal ini perubahan substrat dengan melakukan pengumpanan limbah cair gula rafinasi dengan variasi 0,5 L; 1 L dan 1,5 L setiap dua hari.

Parameter Total Solid (TS) dan Volatil Solid (VS)

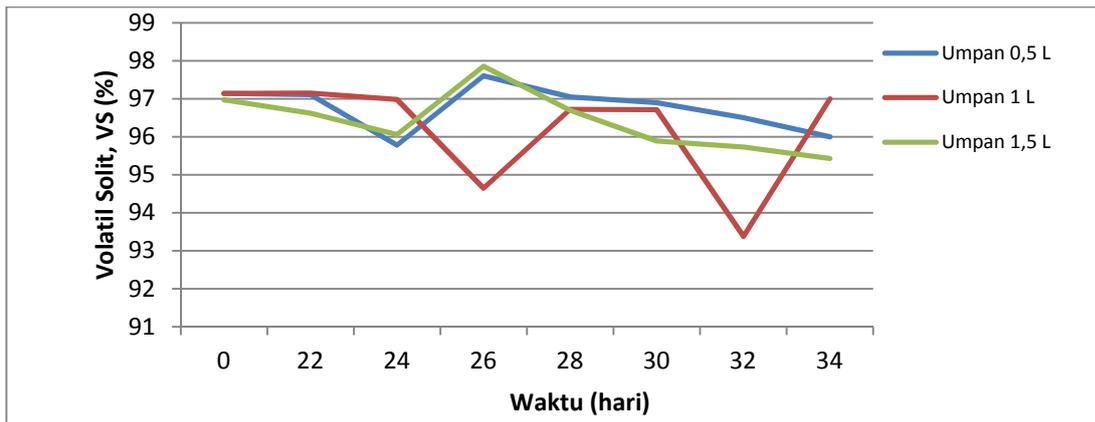
Salah satu parameter yang mempengaruhi keberhasilan proses produksi biogas adalah tingkat pengenceran slurry dan kandungan bahan organik di dalam biodigester. Pengenceran slurry di dalam biodigester dapat dilihat dari total padatan (*total solid*). Pada proses pengumpanan mulai dari laju umpan 0,5 L, 1 L, dan 1,5 L terlihat tingkat pengenceran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Waktu terhadap total solid (TS) pada setiap pengumpanan substrat.

Penyajian Gambar 1, dapat dilihat bahwa pengenceran substrat di dalam biodigester pada laju pengumpanan 1,5 L pada awalnya sangat encer (1,09%) dibandingkan pada laju umpan 0,5 L dan 1 L (4,41%). Tahap awal pengumpanan 0,5 L total solid mengalami peningkatan (7,25%) kemudian tetap sampai hari ke-24, karena pada fase ini merupakan fase adaptasi, di mana terjadi pertambahan volume sel mikroorganisme, kemudian mengalami penurunan sampai pada hari ke-34 (pengumpanan ke-7). Sementara pada pengumpanan 1 L total solid pada tahap awal (4,41%) mengalami penurunan (1,51%) yang memberikan gambaran mikroorganisme belum berkembang dengan baik, dan pada hari ke-24 baru terjadi peningkatan (2,69%) kemudian terjadi perubahan yang fluktuatif dan sampai pada hari ke-34 dengan total solid turun menjadi 0,6%. Sementara pada laju umpan 1,5 L memberikan gambaran pada tahap awal cenderung tetap kemudian pada hari ke-26 mengalami peningkatan (4,54%) dan kemudian sampai hari ke-34 mengalami penurunan (1,99%).

Parameter volatil solid (VS) merupakan substrat untuk proses hidrolisis dan pembentukan asam secara anaerob di dalam biodigester. Parameter volatil solid (VS) merupakan bahan organik yang dirubah oleh mikroorganisme menjadi biogas. Adapun perubahan volatil solid (VS) di dalam biodigester selama proses produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 2.

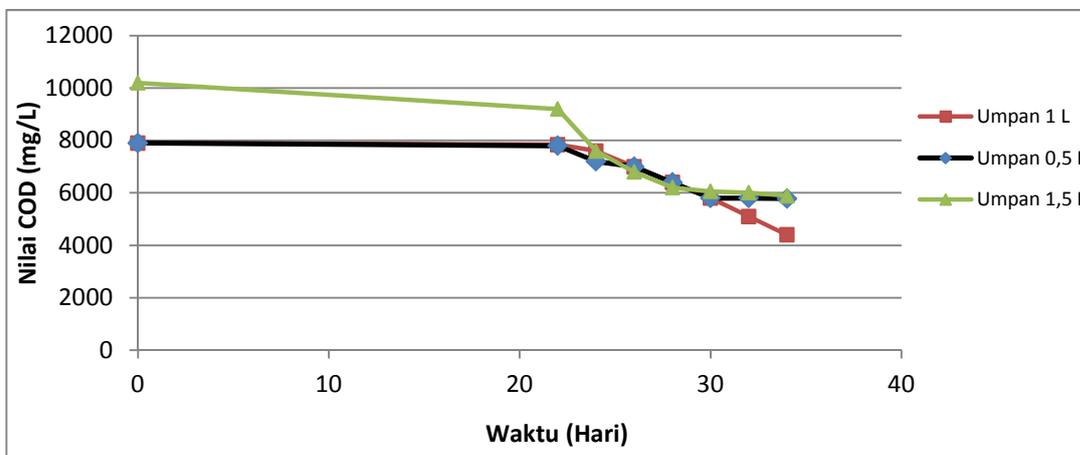


Gambar 2. Hubungan Waktu terhadap penyisihan volatil solit (VS) pada setiap pegumpanan substrat.

Pada tahap awal volatil solid untuk setiap variasi laju umpan adalah 0,5 sekitar 97,14 %, umpan 1 L sekitar 97,14% dan umpan 1,5 L sekitar 96,97% . Volatil solid untuk laju umpan 1 L dan 1,5 L dari awal pengumpanan sampai hari ke-24 mengalami penurunan yang sangat kecil yakni dari 97,1% menjadi 96,98% sementara untuk pengumpanan 1,5 L perubahan volatil solid dari 96,97% sampai hari ke-24 menjadi 96,07% dan pada hari ke-24 diperoleh produk biogas dengan nyala api berwarna biru dan cukup stabil. Laju umpan 0,5 L pada hari ke-22 mengalami penurunan menjadi 95,78% pada hari ke-24. Pada tahap awal pengumpanan kondisi parameter volatil solid mengalami kondisi fluktuati yang disebabkan mikroorganismenya didalam biodigester mengalami shock loading dari proses pengumpanan substrat. Volatil solid merupakan gambaran substrat yang didegradasi mikroorganismenya asetogenesis untuk menghasilkan biogas.

Penentuan Parameter COD Terhadap Produksi Biogas

Indikator pencemaran air dapat dilihat pada nilai COD yang merupakan kandungan bahan-bahan organik dalam limbah cair industry termasuk limbah cair industry gula rafinasi. Perubahan nilai COD selama proses mulai dari start up sampai proses pengumpanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan waktu terhadap penyisihan Nilai COD Pada setiap Pengumpanan substrat.

Gambar 3, menunjukkan bahwa pada saat dilakukan pengumpanan substrat, bahan organik di dalam biodigester yang disisihkan relatif rendah tetapi cenderung mengalami penurunan sampai hari ke-34 (Pengumpanan ke-7). Penurunan penyisihan bahan organik yang paling rendah terjadi pada pengumpanan 1 L dengan nilai COD terendah pada 4400 mg/L sementara untuk umpan 0,5 L pada nilai COD 5780 mg/L dan pada pengumpanan 1,5 L terjadi penyisihan sampai pada nilai COD 5890 mg/L. Pengumpanan dilakukan memberikan efek penambahan bahan organik di dalam biodigester yang menyebabkan produksi biogas bertambah, namun gas metana terbentuk tidak demikian. Pengumpanan dengan volume umpan 0,5 L dan 1 L pada proses pengumpanan ke-5 (hari ke-30) terjadi penurunan kualitas nyala api yang dihasilkan dan sampai hari ke-34 biogas yang dihasilkan tidak dapat menyala (mati). Sementara pada pengumpanan dengan volume 1,5 L (hari ke-28) produksi biogas yang dihasilkan lebih besar daripada umpan 0,5 L dan 1 L, namun gas

metana yang dihasilkan semakin rendah, hal ini dapat dilihat dari biogas yang dihasilkan mengalami penurunan kualitas nyala dan sampai hari ke-34 biogas yang dihasilkan mati. Biogas merupakan produk dengan kandungan beberapa gas diantaranya gas CO_2 , CH_4 , H_2S , H_2 , gas CO_2 dan gas CH_4 merupakan komponen gas dengan kadar yang tinggi. Apabila kandungan gas CO_2 cukup tinggi dan gas CH_4 rendah (kecil dari 50%) maka gas yang dihasilkan akan menghasilkan nyala api yang merah bahkan tidak dapat menyala (Sjafruddin, R., 2011). Kondisi ini memberikan gambaran bahwa pertumbuhan mikroorganisme non metanogenesis dan metanogenesis tidak sinergis. Hal ini disebabkan mikroorganisme metanogenesis (mikroorganisme penghasil gas metana, CH_4) merupakan mikroorganisme yang sangat sensitif dengan perubahan kondisi lingkungan termasuk perubahan substrat yang ada (Gaudy, A., 1981)

Nyala Api Biogas

Proses pembentukan biogas sudah dimulai pada hari ke-4 pada proses star-up starter, kemudian fermentasi dilanjutkan sampai hari ke-21, di mana diperoleh produk biogas dengan nyala api yang biru. Pada hari ke-21 merupakan kondisi operasi proses dimana kondisi pertumbuhan mikroorganisme non metanogenesis dan mikroorganisme metanogenesis dalam kondisi fase pertumbuhan dan berkembang secara sinergis. Kondisi ini, merupakan kondisi mikroorganisme sudah siap apabila terjadi perubahan kondisi, salah satunya perubahan kondisi substrat dengan adanya perlakuan pengumpanan. Pengumpanan yang dilakukan ada tiga variabel yaitu pengumpanan dengan volume 0,5 L, 1 L, dan 1,5 L. Pada proses pengumpanan dapat dilihat hasil uji nyala api biogas setiap perlakuan pengumpanan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Nyala api biogas

Nyala api biogas yang dihasilkan didukung dengan kondisi operasi di dalam biodigester berupa derajat keasaman pada pH 7 di manarajat keasaman 7 memberikan kondisi yang cocok untuk mikroorganisme non metanogenesis dan metanogenesis. Sementara kondisi temperatur operasi di dalam biodigester berada pada kisaran 28 – 30 °C.

4. KESIMPULAN

Proses pengumpanan menghasilkan biogas yang meningkat namun gas metana terbentuk mengalami penurunan (nyala api mati) di mana parameter TS, VS cenderung fluktuatif dan nilai COD yang cenderung turun. Produk biogas pada pengumpanan substrat 0,5 L dan 1 L menghasilkan biogas dengan nyala api biru sampai pada pengumpanan ke-5 (hari ke-30) dan pengumpanan dengan volume umpan 1,5 L menghasilkan nyala api biru sampai pada umpan ke-4 (hari ke-28).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Direktur dan Ketua Unit Penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang, atas kepercayaannya untuk membiayai kegiatan Penelitian ini.

6. REFERENSI

1. Alvarez, R., dan Liden, G., 2008, Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste., *Renewable Energy*, 33, 726-734.
2. Deublein, D. And Steinhauser, A., 2008 "Biogas from Waste and Renewable Resource" Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheir.
3. Gaudy, A., Gaudy, E., 1981, "Microbiology for Environmental Scientists and Engineers" McGraw Hill, Inc.
4. Rittmann, B.E., McCarty, P. L., 2001, "Environmental Biotechnology:Principles and Applications", McGraw-Hill Higher Education, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
5. Sjafruddin, R., 2011., "Star up Pembuatan Biogas dari Sampah Buah", Tesis S2., Universitas Gadjra Mada Yogyakarta
6. Sjafruddin, R., 2017., "Pemanfaatan Limbah Cair Industri Gula Rafinasi Sebagai Bahan Baku Pembuatan Energi Terbarukan (Biogas)", Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian, ISBN 978-602-60766-32., Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar