

## INTISARI

Pada tahun 2020, diperkirakan jumlah limbah *palm oil mill effluent* (POME) di Indonesia mencapai 90 juta ton/tahun. Dengan teknologi yang tepat, potensi energi yang bisa diperoleh mencapai 918.000 ton metana. Salah satu teknologi yang potensial untuk dikaji adalah *Anaerobic Fluidized Bed Reactor* (AFBR). Dalam penelitian ini, digunakan *two stage* AFBR untuk mengolah POME dengan media imobilisasi zeolit yang ketersediaannya melimpah di Indonesia dan dirancang dengan pemisahan proses asidogen dan metanogen dalam dua *stage*. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi jenis inokulum dan kondisi proses optimum untuk pemisahan tersebut dan penentuan HRT optimum pada masing-masing *stage*. Tujuan penelitian meliputi : (1). penentuan inokulum yang tepat bagi reaktor asidogen dan metanogen untuk proses *start up*, (2). mengevaluasi pengaruh pengkondisian pH di *stage* asidogen terhadap keberhasilan pemisahan proses asidogenesis dan metanogenesis, (3). mengevaluasi efek mikroaerasi di *stage* asidogen terhadap pemisahan proses asidogenesis dan metanogenesis, serta mempelajari konsorsium mikroorganisme yang terbentuk, (4). mengevaluasi pengaruh zeolit modifikasi kation terhadap proses peruraian POME, (5). mengkomparasikan kinerja AFBR terhadap reaktor tipe kolom lain (*fixed bed reactor* dan *suspended reactor*) dalam mengurai POME, (6). menentukan HRT optimum untuk masing-masing *stage* asidogen dan metanogen, (7). mengevaluasi kelayakan ekonomi pabrik biogas dari POME dengan teknologi *two stage* AFBR. Hasil penelitian menunjukkan : (1). inokulum efluen digester limbah biodiesel lebih tepat digunakan pada *stage* asidogen dan *stage* metanogen untuk substrat POME, (2). Pemisahan *stage* asidogen berhasil dilakukan dengan pengkondisian pH dan mikroaerasi, dengan kondisi optimum pH 5, (3). Mikroaerasi dengan laju sebesar 35 mL udara/jam belum mampu menghambat proses metanogenesis. Mikroaerasi meningkatkan laju hidrolisis dan asidogenesis. Analisis DNA pada sistem mikroaerasi menunjukkan bahwa mikroaerasi terbukti meningkatkan keberagaman mikroorganisme, sistem didominasi oleh *Chloroflexi*, *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Caldiseptica*, dan *Euryarchaeota* dengan genus *Methanospaera* dan *Methanobacterium*, (4). modifikasi zeolit mampu mengurai POME dengan lebih efektif, dimana *Mg-modified zeolite* mempercepat pelarutan senyawa-senyawa kompleks dalam POME dan *Fe-modified zeolite* mempercepat proses metanogenesis, (5). AFBR menunjukkan kinerja yang paling bagus dibanding *fixed bed reactor* dan *suspended reactor* dalam mengolah POME, (6). pemisahan proses asidogenesis dan metanogenesis berhasil dilakukan pada AFBR kontinu dengan konsentrasi POME rendah ( $< 8.000 \text{ mg sCOD/L}$ ), dengan HRT optimum *stage* asidogen 1 hari dan HRT optimum *stage* metanogen 2 hari. Pada AFBR kontinu dengan konsentrasi POME tinggi ( $> 8.000 \text{ mg sCOD/L}$ ), pemisahan proses asidogenesis dan metanogenesis belum berhasil dilakukan, (7). Hasil analisis ekonomi pabrik biogas dari POME menggunakan *two stage* AFBR menunjukkan bahwa pabrik akan layak jika : (a). umpan *stage* asidogen pada konsentrasi sCOD 12.000 mg/L sehingga volume pengenceran berkurang dan memperkecil kapasitas olah reaktor, (b). dilakukan mikroaerasi di *stage* asidogen sehingga terjadi peningkatan jumlah substrat yang diurai sebesar 50%, terjadi peningkatan sCOD *removal* hingga mencapai 90%, dan terjadi peningkatan  $\text{Yield}_{\text{VFA/sCOD}}$  menjadi 0,4 kg/kg, (c). digunakan *Fe-modified zeolite* sebagai media imobilisasi di *stage* metanogen sehingga VFA *removal* mencapai 90% dan  $\text{Yield}_{\text{CH}_4/\text{VFA}}$  mencapai 0,6  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

## ABSTRACT

In 2020, the amount of palm oil mill effluent (POME) waste in Indonesia will reach an amount of 90 million ton /year. By means of an appropriate technology, the potential energy that can be obtained from POME reaches as much as 918,000 tons of methane per year. One of the potential technologies is Anaerobic Fluidized Bed Reactor (AFBR). In this study, two-stage AFBR is used to process POME with zeolite immobilization media. The AFBR is designed to separate the acidogenic and methanogenic processes into two consecutive stages. This study is focused on the process condition optimization for the separation of acidogen and methanogen stages and on determining the optimum HRT in each stage. The research objectives include : (1). determining the type of inoculum for the acidogenic and methanogenic stages for the start up process, (2). evaluating the effect of pH conditioning in the acidogenic stage to facilitate the separation of the processes, (3). evaluating the effect of micro-aeration on the acidogenic stage to minimize methanogenic process and studying the consortium of microorganisms formed, (4). evaluating the effect of cation modification zeolites on the POME digestion process, (5). comparing the performance of the AFBR to other column type reactors (fixed bed reactors and suspended reactors) in digesting POME, (6). determining the optimum HRT for each of the acidogen and methanogen stages, (7). evaluating the basic economic feasibility of a biogas plant from POME with two-stage AFBR technology. The results showed that: (1). the digested biodiesel waste is more appropriate to be used as the inoculum at the acidogenic stage and the methanogenic stage, (2). The separation of the acidogenic stage was successfully carried out by conditioning the pH and micro-aeration, with the optimum conditions of pH 5, (3). The microaeration with the rate of 35 mL of air per hour had not been able to fully inhibit the process of methanogenesis. However, microaeration increased the rate of hydrolysis and acidogenesis. DNA analysis on the microaeration system shows that microaeration increased the diversity of microorganisms, with the significant domination by Chloroflexi, Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes, Caldisei, and Euryarchaeota with the genera Methanospira and Methanobacterium, (4). Mg-modified zeolite accelerated the dissolution of the complex compounds in POME and Fe-modified zeolite accelerated the process of methanogenesis, (5). AFBR showed the best performance compared to fixed bed reactor and suspended reactor in processing POME, (6). The separation of the acidogenesis and methanogenesis processes was successfully carried out in continuous AFBR with low POME concentrations (<8,000 mg sCOD/L), with optimum HRT of the acidogenic stage was 1-day and optimum HRT of the methanogenic stage was 2-day. Whereas in continuous AFBR with high POME concentrations (> 8,000 mg sCOD/L), separation of processes has not been successful, (7). The economic analysis shows that the two stage AFBR plant will be feasible IF : (a). The acidogenic stage is fed with a substrate with a sCOD concentration of a minimum of 12,000 mg/L, (b). microaeration was carried out at the acidogenic stage, so that it led to an increase in the substrate digestion by 50%, an increase in sCOD removal up to 90%, and an increase of Yield<sub>VFA/sCOD</sub> value to 0.4 kg / kg, (c). Fe-modified zeolite was used as immobilization media at the methanogen stage so that the VFA removal reached 90% and the Yield<sub>CH<sub>4</sub>/VFA</sub> value reached 0.6 m<sup>3</sup>/kg.