

INTISARI

Sesuai Paris *Agreement*, Indonesia berkomitmen mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dengan mengembangkan energi baru terbarukan. Komitmen ini dituangkan dalam perpres no 22 tahun 2017 dan kebijakan energi nasional dengan target porsi EBT tahun 2025 sebesar 23% dan 31,2% tahun 2050. Salah satu potensi sumber energi baru terbarukan yang belum dikembangkan adalah limbah cair pabrik bioethanol atau *vinasse*. Perhitungan empiris dari data luas lahan tebu Indonesia tahun 2020 sebesar 458.430 Ha, diperkirakan produksi *vinasse* sebesar 5.000.000 ton per tahun. Volume ini setara dengan potensi energi sebesar 888.500.000 MJ atau listrik sebesar 98.000 MWh. Untuk optimalisasi pemanfaatan potensi energi tersebut, perlu dilakukan pemilihan methoda proses produksi energi dan jenis pemanfaatannya.

Perkembangan teknologi pemanfaatan potensi energi dari limbah cair yang ada saat ini antara lain *Covered Lagoon*, *Fixed Bed Reactor (FBR)*, *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)* dan *Anaerobic Fluidized Bed Reactor (AFBR)*. *Covered lagoon* yang membutuhkan lahan luas akan menjadi hambatan untuk diterapkan dalam pabrik bioethanol yang rata-rata tidak memiliki lahan luas. Sehingga pada analisis ini hanya akan dilakukan perbandingan teknologi FBR yang dikembangkan Kajima, CSTR dan teknologi yang dikembangkan tim Riset Bio Process UGM. Teknologi yang dikembangkan tim Riset Bio Process UGM adalah CSTR dengan media zeolit alam dan AFBR dengan inokulum zeolit alam. Sementara untuk pemanfaatan biogas dianalisis berdasarkan pemanfaatan *cofiring* dalam boiler *existing* dan produksi listrik dalam *gas engine*.

Berdasarkan analisis dengan fluida kerja *vinasse* dari madubaru, proses secara termofilik reaktor jenis FBR untuk perancangan kapasitas 200 ton per hari *vinasse* dengan OLR 9,6 gram/liter/hari dalam 2 reaktor secara parallel diperoleh indikator parameter investasi lebih baik dibandingkan dengan jenis CSTR dengan media zeolit dan AFBR dengan inokulum zeolite. Namun AFBR akan menjadi alternatif pilihan terbaik apabila pemakaian teknologi FBR diikuti kewajiban royalti lebih dari 6% dari pendapatan. Pemanfaatan biogas *cofiring* menggantikan pemakaian minyak bakar dan batubara menjadi pilihan terbaik, dan produksi listrik hanya akan memiliki NPV positif apabila beroperasi lebih dari 210 hari per tahun. Jika pabrik hanya beroperasi 180 hari per tahun, tidak ada skema pemanfaatan biogas yang memiliki NPV positif tanpa memperhitungkan adanya *carbon credit*. Parameter indikator kelayakan investasi bisa diterima untuk tarif *carbon credit* minimum 10 USD/ton CO₂ ekuivalen.

Kata kunci : *anaerobic digestion*, *biogas*, *techno-economic*, *thermophilic*, *vinasse*

In accordance with the Paris Agreement, Indonesia commits to reducing dependence on fossil energy by developing new and renewable energy (NRE). This commitment is stated in Presidential Decree No. 22 of 2017 and the national energy policy with a target of 23% NRE portion in 2025 and 31.2% in 2050. One of the potential sources of new renewable energy that has not been developed is vinasse or bioethanol factory liquid waste. Empirical calculations from Indonesia's sugarcane land area data in 2020 are 458,430 Ha, it is estimated that vinasse production is 5,000,000 tons per year. This volume is equivalent to an energy potential of 888,500,000 MJ or electricity of 98,000 MWh. To optimize the utilization of this energy potential, it is necessary to select the method of the energy production process and the biogas utilization.

The current technology for liquid waste energy recovery are the Covered Lagoon, Fixed Bed Reactor (FBR), Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) and Anaerobic Fluidized Bed Reactor (AFBR). A covered lagoon that requires a large area will be an obstacle to be implemented in a bioethanol plant which mostly has a limited area. So, in this analysis, a comparison will be made of the FBR technology developed by Kajima, CSTR and the technology developed by the UGM Bio Process Research team. The technology developed by the UGM Bio Process Research team is CSTR with natural zeolite and AFBR with natural zeolite inoculum. Meanwhile, biogas utilization will be analyzed based on utilization for cofiring in existing boilers and electricity production in gas engines.

Based on the techno-economic analysis, the thermophilic process of the FBR type reactor at design a capacity of 200 tons per day of vinasse with an OLR of 9.6 grams/litre/day shown a better investment parameter indicator compared to the CSTR plus zeolite and AFBR with zeolite inoculum. However, AFBR will be the best alternative if the FBR technology is followed by royalty obligations of more than 6% of revenue. The utilization of biogas cofiring to replace fuel oil and a part of coal consumption is the best choice, and electricity production will only have a positive NPV if the plant operates more than 210 days per year. If the plant operates less than 180 days per year, there is no biogas utilization scheme that has a positive NPV without taking into account the carbon credit. The investment feasibility indicator parameters are acceptable for a minimum carbon credit rate of 10 USD/ton CO₂ equivalent.

Keywords : anaerobic digestion, biogas, techno-economic, thermophilic, vinasse