

**PERFORMANCE OF SEMI-CONTINUOUS REVERSE MEMBRANE BIOREACTOR
OF THE SECOND STAGE OF BIOGAS PRODUCTION FROM CITRUS WASTE**

ABSTRACT

By:

TONNY KURNIAWAN
13/346435/TP/10555

Citrus waste accumulation creates economic and environmental problems, therefore turning it into a value-added product such as biogas is deemed attractive. Given its high organic content, citrus waste would theoretically provide a good substrate for anaerobic digestion, however the presence of antimicrobial compound called limonene inhibits the process. Semi-continuous feeding system mainly used in bioreactors also causes cell washout which impedes the process even more. An alternative to overcome these challenges, is to conduct a two-stage operation which offers better control for both stages of biogas production. Furthermore, a cell encapsulation with hydrophilic membrane can be integrated in order to reduce cell exposure towards hydrophobic limonene and immobilize the cells inside the reactor. In this study, the performance of reverse membrane reactor in tackling inhibition and cell washout challenge was evaluated. Three different inoculation configuration consisting of membrane encapsulated cells (rMBR), freely suspended cells (FC), and combination of both (rMBR FC) at OLR 0.5, 1, and 3 gVS/L/cycle were incubated for 10 feeding cycles at 55°C. Methane yield and biogas composition results showed that rMBR performed better than rMBR FC and FC at all 3 OLRs. Higher OLR was however followed with reduction of methane yield and indicated the possibility of shortcoming in membrane protection at higher limonene concentration. VFA profile, CO₂ production and H₂ showed that the reactors were working properly and no upset occurred. Additionally, a HRT of 4 days was also determined for the system operated in this study.

Keywords: Anaerobic digestion, citrus waste, limonene, two-stage, semi-continuous, cell washout, reverse membrane bioreactor

PERFORMA *SEMI-CONTINUOUS REVERSE MEMBRANE BIOREACTOR* DALAM PRODUKSI BIOGAS TAHAP KE-DUA DARI LIMBAH SITRUS

ABSTRAK

Oleh:

TONNY KURNIAWAN
13/346435/TP/10555

Akumulasi limbah sitrus menimbulkan masalah ekonomi dan lingkungan sehingga upaya untuk mengolahnya menjadi produk bernilai tambah merupakan solusi yang menarik. Limbah sitrus memiliki kandungan organik yang tinggi yang secara teoritis sangat sesuai digunakan sebagai substrat dalam produksi biogas. Namun demikian, keberadaan senyawa antimikrobia limonen menghambat jalannya proses. Sistem *semi-continuous feeding* yang banyak diterapkan di bioreaktor juga dapat menyebabkan *cell washout* (sel terbuang bersama efluen) dan semakin menghambat keberhasilan proses. Sebuah alternatif untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan produksi 2 tahap yang akan mempermudah optimasi masing-masing tahap. Selain itu, metode enkapsulasi sel dengan membran hidrofil juga dapat diterapkan untuk mengurangi kontak antara sel dengan limonen yang bersifat hidrofob serta menahan sel tetap berada di dalam reaktor. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi performa *reverse membrane bioreactor* dalam mengatasi masalah inhibisi dan *cell washout*.

Tiga konfigurasi inokulasi, meliputi *reverse membrane bioreactor* (rMBR), sel tersuspensi (FC), dan kombinasi keduanya (rMBR FC) dengan OLR 0.5, 1, and 3 gVS/L/cycle diinkubasi selama 10 siklus *feeding* pada suhu 55°C. *Methane yield* dan komposisi biogas menunjukkan bahwa rMBR memiliki performa yang lebih baik dibandingkan rMBR FC dan FC pada ketiga variasi OLR. Namun hasil menunjukkan bahwa peningkatan OLR menyebabkan turunnya *methane yield* dan mengindikasikan adanya kekurangan dari proteksi membran pada konsentrasi limonen tinggi. Profil VFA, produksi CO₂, dan H₂ menunjukkan bahwa semua reaktor bekerja dengan baik. HRT selama 4 hari ditetapkan untuk sistem yang digunakan dalam penelitian ini.

Kata Kunci: Biogas, limbah sitrus, limonene, 2 tahap, *semi-continuous*, *cell washout*, *reverse membrane bioreactor*