

ABSTRACT

ORGANIC AND NUTRIENT REMOVAL IN MODIFIED SEPTIC TANK AS AN ON-SITE DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR OFFICE BUILDINGS (CASE STUDY: BANDUNG, WEST JAVA, INDONESIA)

By

VA VANDITH

Student ID: 35316701

(Doctoral Program in Environmental Engineering)

The characteristics of domestic wastewater generated from various types of buildings have been recognized to be different to some extent such as the activities of people, number of people and facilities used. This research aimed to characterize the office building wastewater and to evaluate the performance of Modified Septic Tank (MST), which consists of anoxic conditions followed by a Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) in treating office building wastewater. The research was divided into Phase I, II, III and IV.

In Phase I, the quality and quantity of blackwater and greywater were taken from building A with number of people 53 persons while the quality and quantity of mixed wastewater were taken from building B with number of people 900 persons. The quality, quantity, and fluctuation of wastewater discharge were measured hourly from 7 am until 5 pm during the working time. In Phase II, synthetic wastewater has been characterized based on actual office wastewater was used with COD:TN:TP (252:85:3). The experimental data were obtained from variation of three Hydraulic Retention Time (HRT) 36, 24 and 12 h with Organic Loading Rate (OLR) (0.07, 0.17 and 0.29 kg COD/m³.d), Nitrogen Loading Rate (NLR) (0.02, 0.06 and 0.1 kg N/m³.d) and Phosphorus Loading Rate (PLR) (0.0008, 0.02 and 0.034 kg P/m³.d) without Recirculation Ratio (RR) from sedimentation to anoxic compartments. In Phase III, synthetic wastewater with COD:TN:TP (252:85:3), which is similar to actual office wastewater was used and experimental data were obtained from three RR values (2, 3 and 4) with two Intermittent Aeration (IA) (12 h on/ 12h off and 6 h on/ 6h off). The experimental data of Phase IV were obtained from Run I and Run II depending on Initial Concentrations (IC) of actual office building wastewater. Run I was operated with 92.66 ± 8.59 mg COD/L, 17.23 ± 1.09 mg N/L and 0.94 ± 0.1 mg P/L while Run II was operated with 164.53 ± 20.79 mg COD/L, 35.81 ± 1.40 mg N/L, and 1.99 ± 0.09 mg P/L with IA (6 h) and RR of 4.

The results of Phase I showed the quantity of wastewater varied over time and quantity of blackwater, greywater and mixed wastewater ranged from 20.4 to 22.6,

18.7 to 23.3 and 39.61 to 49.93 liter/person/day, respectively. The quality of mixed wastewater varied over time and COD, TN, and TP were 252.45 ± 88.96 , 85.42 ± 24.08 and 3.01 ± 1.92 mg/L with average COD:TN:TP (252:85:3), respectively. The low concentrations were in the morning while the peak concentrations were in the afternoon after lunch time. The peaking factor of blackwater, greywater and mixed wastewater were 1.67, 1.6 and 1.83 at the beginning of working time and praying time of Muslim Indonesian culture, respectively. The results of Phase II showed ORL, NLR, PLR, and HRT gave significant effect on the performance of MST ($p < 0.05$) and optimum condition can be achieved at 36h of HRT and 252 mg/L of COD, 85 mg/L of TN and 3 mg/L of TP. COD, TN, NH_4 , and TP removal ranged from 82% to 92%, 41% to 60%, 45% to 61%, and 39% to 55%, respectively. The results of Phase III showed RR and IA gave significant effects on COD, TN and TP removal ($p < 0.05$) in MST and optimum condition can be achieved 89% of COD, 71% of TN and 67% of TP at RR(4) and IA(6h) and COD, TN, NH_4 , and TP removal ranged from 87% to 90%, 66% to 79%, 70% to 86%, and 59% to 71%, respectively. The results of Phase IV showed COD, BOD, TSS, TN, NH_4 , and TP removal ranged from 63% to 66%, 84% to 90%, 70% to 86%, 51% to 66%, 72% to 74%, and 48% to 50%, respectively. IC gave significant effect on COD, TN and TP removal ($p < 0.05$) and the maximum COD, TN and TP removal can be achieved at 92.66 ± 8.59 mg COD/L, 35.81 ± 1.40 mg N/L and 1.99 ± 0.09 mg P/L with 66% of COD, 66% of TN and 50 % of TP, respectively.

It is proposed the domestic wastewater from office buildings has specific characteristics and it contains high concentration of nutrients that is required appropriate technology in treating this kind of wastewater. The proper control of OLR, NLR, PLR, and HRT may result in better performance of organic and nutrient removal in MST. Increasing the recirculation ratio could improve COD, TN, and TP removal and optimum condition can be achieved at RR of 4. The sufficient aeration time, the better TN removal can be achieved with optimum condition of IA of 6h. This MST could treat the influent actual office wastewater of COD, BOD, TSS, NH_4 , TN and TP ranged from 80 to 250, 60 to 105, 58 to 130, 14 to 32, 14 to 38, and 0.7 to 2.1 mg/L, respectively with the fluctuation of office building wastewater and effluent concentrations of COD, BOD, TSS, and NH_4 ranged from 30 to 62, 10 to 13.2, 12 to 28, and 4.4 to 7.54 mg/L, which could meet effluent standard of domestic wastewater in Indonesia (PERMEN LHK No 68, 2016). Second-order and Stover-Kincannon models found to be a suitable model in predicting behavior or design of MST. The dominant bacteria that had been identified by 16S rRNA were *Proteus penneri*, *Aeromonas* sp., and *Bacillus mobilis*. Therefore, this system may have the potential to be one of alternatives to treat office building wastewater.

Keywords: Domestic wastewater, modified septic tank, nutrient removal, office building wastewater, organic removal

ABSTRAK

PENYISIHAN ORGANIK DAN NUTRIEN PADA MODIFIKASI TANGKI SEPTIK SEBAGAI SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SETEMPAT UNTUK GEDUNG PERKANTORAN (STUDI KASUS: BANDUNG, JAWA BARAT, INDONESIA)

Oleh

VA VANDITH

NIM: 35316701

(Program Studi Doktor Teknik Lingkungan)

Karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan dari berbagai jenis gedung sangat berbeda tergantung pada aktivitas manusia, jumlah orang, dan fasilitas yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi air limbah gedung perkantoran dan untuk mengevaluasi kinerja Modified Septic Tank (MST), yang terdiri dari kondisi anoksik diikuti oleh Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dalam mengolah air limbah gedung perkantoran. Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu Tahap I, II, III dan IV.

Pada Tahap I, kualitas dan kuantitas blackwater dan greywater diambil dari Gedung perkantoran A dengan jumlah orang 53 orang, sedangkan kualitas dan kuantitas air limbah campuran diambil dari gedung perkantoran B dengan jumlah orang 900 orang. Kualitas, kuantitas, dan fluktuasi debit air limbah diukur setiap jam, dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore selama waktu kerja. Pada Tahap II, air limbah sintesis telah dikarakterisasi berdasarkan air limbah kantor yang sebenarnya dengan COD: TN: TP (252: 85: 3). Data eksperimen diperoleh dari variasi tiga Hydraulic Retention Time (HRT) 36, 24 dan 12 jam dengan Laju Beban Organik (OLR) (0,07, 0,17 dan 0,29 kg COD / m³.d), Laju Beban Nitrogen (NLR) (0,02, 0,06 dan 0,1 kg N / m³.d) dan Laju Beban Fosfor (PLR) (0,0008, 0,02 dan 0,034 kg P / m³.d) tanpa Recirculation Ratio (RR) dari sedimentasi ke kompartemen anoksik. Pada Tahap III, air limbah sintesis dengan COD: TN: TP (252: 85: 3), yang mirip dengan air limbah kantor aktual digunakan dan data eksperimen diperoleh dari tiga nilai RR (2, 3 dan 4) dengan dua Aerasi Berselang (IA) (12 jam on / 12 jam off dan 6 jam on / 6 jam off). Data eksperimental Tahap IV diperoleh dari Run I dan Run II tergantung pada Konsentrasi Awal (IC) air limbah gedung kantor yang sebenarnya. Run I dioperasikan dengan 92, 66 ± 8,59 mg COD / L, 17,23 ± 1,09 mg N/L dan 0,94 ± 0,1 mg P/L, sedangkan Run II dioperasikan dengan 164,53 ± 20,79 mg COD / L, 35,81 ± 1,40 mg N / L, dan 1,99 ± 0,09 mg P / L dengan IA (6 jam) dan RR 4.

Hasil Tahap I menunjukkan jumlah air limbah bervariasi dari waktu ke waktu dan jumlah air blackwater, greywater dan air limbah campuran masing-masing berkisar antara 20,4 hingga 22,6, 18,7 hingga 23,3 dan 39,61 hingga 49,93 liter /

orang / hari. Kualitas air limbah campuran bervariasi dari waktu ke waktu dan COD, TN, dan TP adalah 252.45 ± 88.96 , 85.42 ± 24.08 dan 3.01 ± 1.92 mg / L dengan COD rata-rata: TN: TP (252: 85: 3), masing-masing. Konsentrasi rendah di pagi hari sedangkan konsentrasi puncak di sore hari setelah waktu makan siang. Faktor puncak blackwater, greywater dan air limbah campuran adalah 1,67, 1,6 dan 1,83 pada awal waktu kerja dan waktu sholat. Hasil Tahap II menunjukkan ORL, NLR, PLR, dan HRT memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja MST ($p < 0,05$) dan kondisi optimal dapat dicapai pada HRT 36 jam dan 252 mg / L COD, 85 mg / L dari TN dan 3 mg/L TP. Penyisihan COD, TN, NH_4 , dan TP masing-masing berkisar dari 82% hingga 92%, 41% hingga 60%, 45% hingga 61%, dan 39% hingga 55%. Hasil Tahap III menunjukkan RR dan IA memberikan efek signifikan pada penyisihan COD, TN dan TP ($p < 0,05$) pada MST dan kondisi optimal dapat dicapai 89% dari COD, 71% dari TN dan 67% dari TP pada RR (4) dan IA (6 jam) dan COD, TN, NH_4 , dan TP masing-masing berkisar antara 87% hingga 90%, 66% hingga 79%, 70% hingga 86%, dan 59% hingga 71%. Hasil Tahap IV menunjukkan penyisihan COD, BOD, TSS, TN, NH_4 , dan TP berkisar dari 63% hingga 66%, 84% hingga 90%, 70% hingga 86%, 51% hingga 66%, 72% hingga 66%, 72% hingga 74% , dan 48% hingga 50% masing-masing. IC memberikan efek signifikan pada penyisihan COD, TN dan TP ($p < 0,05$) dan penyisihan COD, TN dan TP maksimum dapat dicapai pada $92.66 \pm 8,59$ mg COD / L, $35,81 \pm 1,40$ mg N / L dan $1,99 \pm 0,09$ mg P/L dengan 66% COD, 66% TN dan 50% TP, masing-masing.

Air limbah domestik dari gedung-gedung perkantoran memiliki karakteristik khusus dan mengandung konsentrasi nutrisi yang tinggi sehingga diperlukan usulan teknologi tepat guna dalam mengolah air limbah jenis ini. Kontrol yang tepat dari OLR, NLR, PLR, dan HRT dapat menghasilkan kinerja yang lebih baik dari pembuangan organik dan nutrisi dalam MST. Meningkatkan rasio resirkulasi dapat meningkatkan penyisihan COD, TN dan TP dan kondisi optimal dapat dicapai pada RR 4. Waktu aerasi yang cukup, semakin baik penghapusan TN dapat dicapai dengan kondisi optimal IA yang 6 jam. MST ini dapat mengolah air limbah dari gedung perkantoran secara aktual COD, BOD, TSS, NH_4 , TN dan TP berkisar antara 80 hingga 250, 60 hingga 105, 58 hingga 130, 14 hingga 32, 14 hingga 38, 14 hingga 38, dan 0,7 hingga 2,1 mg / L, masing-masing dengan fluktuasi air limbah gedung perkantoran dan konsentrasi limbah COD, BOD, TSS dan NH_4 berkisar antara 30 hingga 62, 10 hingga 13,2, 12 hingga 28, dan 4,4 hingga 7,54 mg / L, yang dapat memenuhi standar efluen air limbah domestik di Indonesia (PERMEN LHK No 68, 2016). Second-order model and Model Stover-Kincannon model ditemukan menjadi model yang cocok dalam memprediksi perilaku atau desain MST. Bakteri yang dominan telah diidentifikasi oleh 16S rRNA adalah *Proteus penneri*, *Aeromonas sp.*, dan *Bacillus mobilis*. Oleh karena itu, sistem ini mungkin berpotensi menjadi salah satu alternatif untuk mengolah air limbah gedung perkantoran.

Kata kunci: Air limbah domestik, tangki septik yang dimodifikasi, penyisihan nutrisi, air limbah gedung perkantoran, penyisihan organik