

Potensi Pemanfaatan Enzim Biokatalitik dari Kulit Buah dan Sayur untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit

The Potential for Utilizing Biocatalytic Enzymes from Fruit Peels and Vegetable Scraps for Hospital Wastewater Treatment

Febrina Sarlinda^{1*}, Ahmad Fikri², Sarip Usman³, Daria Ginting⁴

¹ Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Tanjungkarang

^{2,4} Program Studi D3 Sanitasi, Politeknik Kesehatan Tanjungkarang

³ Program Studi D4 Sanitasi Lingkungan Politeknik Kesehatan Tanjungkarang

*Penulis korespondensi: febrinasarlinda@poltekkes-tjk.ac.id

Direview: 14 Maret 2024

Diterima: 14 Mei 2024

ABSTRAK

Pelayanan kesehatan di rumah sakit menghasilkan limbah berbahaya dan infeksius yang berasal dari berbagai sumber aktivitas. Dalam pengolahannya membutuhkan waktu yang relatif lama, menghasilkan lumpur yang banyak, serta membutuhkan proses desinfeksi. Penelitian yang dilakukan secara eksperimen di laboratorium ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan biokatalitik enzim dari sampah kulit buah dan sayur (variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%) terhadap pH, kadar *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), dan total *coliform* dari limbah cair rumah sakit. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan enzim biokatalitik sangat efektif menurunkan konsentrasi total *Coliform*. Penurunan *Coliform* tertinggi terjadi pada penambahan enzim 15% dimana terjadi penurunan dari 1600 MPN/100 mL menjadi 500 MPN/100mL pada waktu digesti kurang dari 24 jam. Setelah waktu digesti 2 hari, sama sekali tidak ditemukan *Coliform* pada sampel air limbah. Namun terjadi penurunan pH dan peningkatan konsentrasi TSS dan COD yang tidak memenuhi baku mutu setelah diberi perlakuan enzim pada semua variasi konsentrasi. Profil perubahan konsentrasi TSS dan COD menunjukkan tren penurunan dengan penambahan waktu digesti 1 hingga 3 hari, akan tetapi nilai yang diperoleh tetap melebihi baku mutu TSS dan COD (30 mg/L dan 100 mg/L). Sementara itu pH limbah berangsur naik dengan peningkatan waktu digesti hingga 3 hari pada konsentrasi enzim 5% dan 10%, yaitu 3,5 dan 4,8. Akan tetapi nilai tersebut masih berada di luar interval baku mutu yang diijinkan, yaitu 6-9.

Kata Kunci : enzim biokatalitik, kulit buah dan sayur, limbah, rumah sakit.

ABSTRACT

Health services in hospitals produce hazardous and infectious waste that comes from sharing sources of activity. The research carried out experimentally in laboratory aims to determine the effect of biocatalytic enzyme treatment from fruit and vegetable peel (concentration variations of 5%, 10%, 15%) on pH, chemical oxygen demand (COD) levels, total suspended solids (TSS), and total coliforms of hospital liquid waste. From the research results, it was found that the addition of biocatalytic enzymes was very effective in reducing the total coliform concentration. The highest reduction in coliforms occurred with the addition of 15% enzyme, where there was a decrease from 1600 MPN/100 mL to 500 MPN/100 mL at a digestion time of less than 24 hours. After a digestion time of 2 days, no coliforms were found in the wastewater samples. However, there was a decrease in pH and an increase in TSS and COD concentrations which did not meet quality standards after being treated with enzymes at all concentration variations. The profile of changes in TSS and COD concentrations shows a decreasing trend with an increase in digestion time of 1 to 3 days, the values obtained will still exceed the TSS and COD quality standards (30 mg/L and 100 mg/L). Meanwhile, the waste pH gradually increased with increasing digestion time up to 3 days at enzyme concentrations of 5% and 10%, namely 3.5 and 4.8. However, this value is still outside the permitted quality standard interval, namely 6-9

Keywords : biocatalytic enzymes, fruit peels and vegetable scraps, liquid waste, hospital.

1. PENDAHULUAN

Berbagai jenis penyakit dan terapi yang dilakukan di rumah sakit telah menjadikannya sebagai salah satu penghasil limbah berbahaya dan infeksius. Limbah rumah sakit ini memerlukan penanganan dan pengolahan khusus agar tidak menjadi sumber penularan penyakit dan sumber pencemaran lingkungan di sekitarnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 7 Tahun 2019 tentang kesehatan lingkungan rumah sakit disebutkan bahwa setiap rumah sakit wajib memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Effluent dari IPAL ini harus memenuhi baku mutu sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Baku mutu bagi limbah rumah sakit ini saat ini memiliki persyaratan yang sama dengan baku mutu limbah domestik yaitu mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. P68 Tahun 2016.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 7 Tahun 2019 Sumber penghasil limbah cair di rumah sakit berasal dari beberapa aktifitas dan pelayanan yang masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda. Limbah cair dari dapur gizi dan kantin kaya akan lemak, sementara limbah cair dari aktifitas laundry dan linen memiliki kandungan detergen dan bahan kimia yang tinggi. Limbah cair dari laboratorium tinggi akan kandungan bahan kimia, sedangkan limbah cair rontgen kaya akan perak dan limbah cair radioterapi mengandung bahan radioaktif tertentu. Disamping itu aktivitas laboratorium dan kegiatan pasien infeksi juga menghasilkan limbah yang infeksius dan mengandung mikroorganisme berbahaya.

Kompleksnya kandungan limbah cair rumah sakit mempersyaratkan adanya *pre-treatment* pada masing-masing sumber limbah cair sebelum akhirnya dialirkan ke dalam satu unit pengolahan limbah yang sama. Akan tetapi berbagai keterbatasan seperti keterbatasan lahan serta tingginya biaya investasi dan pengoperasian menyebabkan sulitnya menerapkan pengolahan limbah sesuai dengan yang dipersyaratkan terutama bagi rumah sakit kecil, klinik atau puskesmas. Sebagian besar rumah sakit langsung melakukan proses pengolahan biologi secara aerob dan anaerob untuk semua sumber limbah cair. Proses pengolahan ini memerlukan lahan yang luas, energi yang cukup besar untuk aerasi, serta waktu pengolahan yang cukup lama minimal 30 hari dengan tingkat efisiensi yang sangat tergantung pada kemampuan bakteri pengurai (Kusuma et al, 2017). Di samping itu hasil samping proses aerob berupa timbunan biomassa/lumpur bakteri juga menjadi salah satu masalah tersendiri. Teknologi baru yang sudah mulai banyak diterapkan di rumah sakit besar adalah penyempurnaan proses aerob-anaerob dengan sistem biofilter (Said, 2013). Akan tetapi metode ini tetap mengalami penurunan efektifitas dan efisiensi kerja setelah filter jenuh sehingga membutuhkan maintenance berkala. Selain itu dengan metode biofiltrasi ini masih membutuhkan tahapan klorinasi untuk membunuh bakteri *E.coli* dan patogen lainnya pada akhir proses pengolahan dan pada saat *maintenace* biofilter.

Salah satu metode yang memiliki potensi untuk dikembangkan adalah metode pengolahan limbah cair rumah sakit adalah pengolahan secara biokimia dengan menggunakan biokatalitik enzim dari sampah kulit buah dan sayur. Enzim biokatalitik ini dibuat dengan memfermentasi campuran kulit buah dan sayur bersama dengan air dan gula merah. Cairan hasil fermentasi yang mengandung enzim amilase, lipase, dan protease ini (Rasit dan Mohammad, 2018) telah diteliti efektifitasnya untuk mengolah limbah cair domestik (Nazim dan Meera, 2017; D. Verma, A.N. Singh, 2019), lumpur *aquaculture* (Rasit dan Mohammad, 2018) serta limbah restoran cepat saji yang mengandung minyak dan lemak (Dong et al, 2017).

Penelitian-penelitian tersebut melaporkan bahwa enzim biokatalitik yang dihasilkan dari fermentasi kulit buah dan sayur tersebut mampu mentralkan pH limbah, menurunkan COD, BOD, TDS, amoniak, dan posfat, serta minyak dan lemak hanya dalam kurun waktu digesti beberapa hari. Waktu digesti efektif untuk pengolahan limbah secara batch bervariasi antara 2 hari hingga 6 hari sesuai dengan jenis limbah, konsentrasi enzim, serta paramater yang diteliti. Selain itu, enzim biokatalitik ini juga telah diteliti memiliki sifat antibakterisida terhadap bakteri *E.Coli* dan *Shigella disenteriae* (Dewi et al, 2016), serta mampu menurunkan jumlah angka kuman lantai ketika digunakan sebagai cairan pembersih desinfektan (Sarlinda dan Nurkhoiriyah, 2023)

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut maka, enzim biokatalitik ini memiliki potensi untuk digunakan dalam pengolahan limbah cair rumah sakit klinis dan non klinis yang tinggi bahan organik dan mikroorganisme patogen. Metode ini diharapkan dapat diterapkan pada rumah sakit, klinik, ataupun puskesmas yang belum memiliki instalasi pengolahan limbah karena proses pengoperasian yang mudah dan murah, tidak membutuhkan lahan yang luas, serta *low-maintenance*. Selain itu metode ini dapat pula menjadi pelengkap pada proses pengolahan limbah yang sudah ada sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah dan mengurangi biaya klorinasi.

Pemanfaatan biokatalitik enzim dari fermentasi sampah kulit buah dan sayur ini diharapkan akan menjadi alternatif solusi bagi dua persoalan lingkungan sekaligus. Metode enzimatik dari fermentasi kulit buah dan

sayur ini dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah cair rumah sakit yang mudah dan murah. Di sisi lain persoalan sampah kulit buah dan sayur yang menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca ikut teratasi bahkan menjadi bernilai ekonomis. Limbah padat berupa sampah dapur rumah sakit dapat dimanfaatkan kembali untuk pengolahan limbahnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas enzim biokatalitik dari limbah kulit buah dan sayur dalam menurunkan kadar parameter bahan pencemar dalam limbah cair rumah sakit (pH, COD, TSS, Total *coliform*).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan desain rancangan acak lengkap (RAL). Eksperimen dilakukan secara batch di dalam bioreaktor bervolume 500 mL. Penelitian dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu pembuatan biokatalitik enzim, uji karakteristik biokatalitik enzim, dan perlakuan limbah rumah sakit dengan biokatalitik enzim.

Pembuatan enzim dilakukan dengan mencampurkan sampah kulit buah dan sayur, gula merah, dan air dengan perbandingan 3:1:10. Sampah kulit buah dan sayur yang digunakan antara lain kulit alpukat, mangga, melon, buah naga, jeruk manis, jeruk balik, nanas, semangka, wortel, dan tomat. Larutan kemudian di fermentasi selama 3 bulan. Setelah 3 bulan, larutan disaring dengan saringan 70 mesh untuk memisahkan residu kulit buah dan sayur. Filtrat hasil penyaringan difermentasi kembali selama 60 hari. Setelah total waktu fermentasi 90 hari, larutan enzim biokatalitik dilakukan karakterisasi dengan mengukur pH, TSS, COD, dan total *coliform*.

Konsentrasi biokatalitik enzim yang akan digunakan untuk menguraikan limbah cair rumah sakit dirancang dengan kelompok kontrol 0% enzim dan kelompok eksperimen dengan variasi konsentrasi enzim 5%, 10%, 15%. Semua kelompok kontrol dan eksperimen dilakukan analisis kondisi awal dengan mengukur pH, kadar COD, kadar TSS, serta total *coliform*. Selanjutnya dilakukan *running* secara bersamaan dimana jumlah bioreaktor yang digunakan sebanyak jumlah kelompok perlakuan dan perulangannya (waktu digesti 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari). Pada setiap akhir waktu digesti dilakukan analisis parameter pencemar air limbah kembali. Analisis parameter air limbah dilakukan sesuai standar SNI 06-6989.11-2004 untuk pengukuran pH (Sarlinda et al, 2018), SNI 06-6989.73:2019 untuk kadar COD, SNI 6989.3:2019 untuk kadar TSS, dan SNI 01-2332.1 2006 untuk total *coliform* (Sunarti, 2015).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Karakteristik Enzim

Hasil analisis karakteristik enzim biokatalitik setelah tahap fermentasi selama 90 hari dapat dilihat pada tabel 1

Tabel-1 Karakteristik enzim

| Parameter | Nilai |
|-----------------------|---------------|
| pH | 3,3 |
| TSS | 4863,4 mg/L |
| COD | 177333,5 mg/L |
| Total <i>coliform</i> | 0 |

3.2 Analisis Karakteristik Limbah Rumah Sakit

Hasil analisis karakteristik air limbah rumah sakit ditunjukkan pada tabel 2. Parameter bahan pencemar ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. P.68 Tahun 2016.

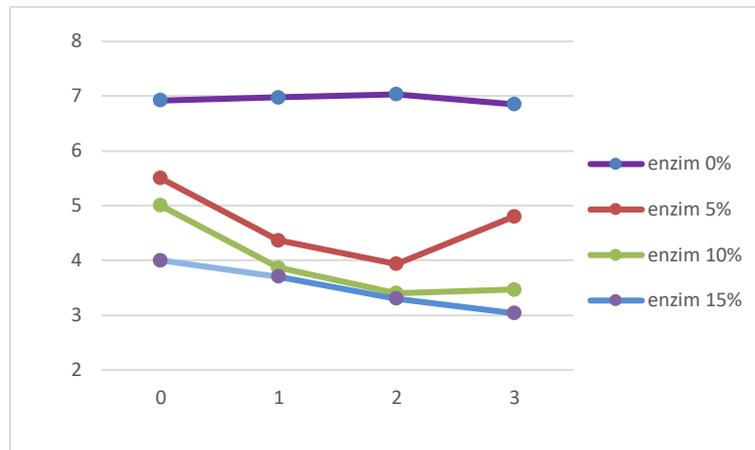
Tabel-2 Karakteristik Limbah

| Parameter | Nilai |
|-----------------------|-----------|
| pH | 6,8 - 7 |
| TSS | 207 mg/L |
| COD | 154 mg/L |
| Total <i>coliform</i> | 1600 mg/L |

3.3 Analisis Nilai pH

Hasil analisis nilai pH air limbah sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa limbah kontrol tidak mengalami perubahan pH selama masa digesti. Untuk air

limbah yang mendapatkan perlakuan, pH cenderung menurun sampai hari kedua dan mulai mengalami kenaikan pada hari ketiga, kecuali pada perlakuan.



Gambar-1. Profil Perubahan pH Air Limbah

Hasil analisis pH pada Gambar-1 menunjukkan bahwa pH air limbah sebelum perlakuan adalah 7 atau netral. Penambahan enzim pada limbah justru menurunkan pH semakin rendah. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang ditambahkan, semakin menurun pH air limbah. Hal ini terjadi karena biokatalitik enzim dari sampah kulit buah dan sayur ini mengandung asam, yaitu asam asetat dan asam laktat (Dewi et al, 2016).

Enzim dari sampah kulit buah dan sayur memang bersifat asam dengan range pH 2,8-3,8. Akan tetapi setelah dicampurkan dengan air limbah, pengenceran yang terjadi akan menetralkan pH (Nazeem dan Meera, 2013). Pada penelitian ini pH kontrol tetap sama, hanya terjadi sedikit penurunan yang tidak terlalu signifikan. Pada perlakuan dengan penambahan enzim sebanyak 5%, pH air limbah turun menjadi 5,5. Pada penambahan enzim sebanyak 10%, pH menurun menjadi 5 dan pada penambahan enzim sebanyak 15% pH turun mencapai 4. Selama waktu digesti 1-3 hari pH terus menurun untuk hampir semua perlakuan. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya kepekatan bahan organik dalam enzim yang digunakan pada penelitian ini. Gambar-1 menunjukkan bahwa COD hasil karakterisasi enzim adalah sebesar 177333,5 mg/L dengan TSS sebesar 4863,4 mg/L. Hal ini berbeda dengan penelitian Nazeem dan Meera (2013) dimana COD enzim setelah fermentasi 30 hari hanya sebesar 48.200 mg/L dan setelah melalui tahap fermentasi kedua selama 60 hari kadungan COD menurun hingga hanya tersisa 186 mg/L. Tingginya kandungan bahan organik pada enzim kemungkinan disebabkan oleh kurang rapatnya mesh filter yang digunakan pada penelitian ini sehingga masih banyak suspensi bahan baku serta biomassa bakteri dan yeast yang ikut terbawa. Keberadaan mikroorganisme dan masih adanya kandungan bahan baku kemungkinan menyebabkan fermentasi tetap berlangsung menghasilkan produk-produk asam-asam organik yang semakin menurunkan pH.

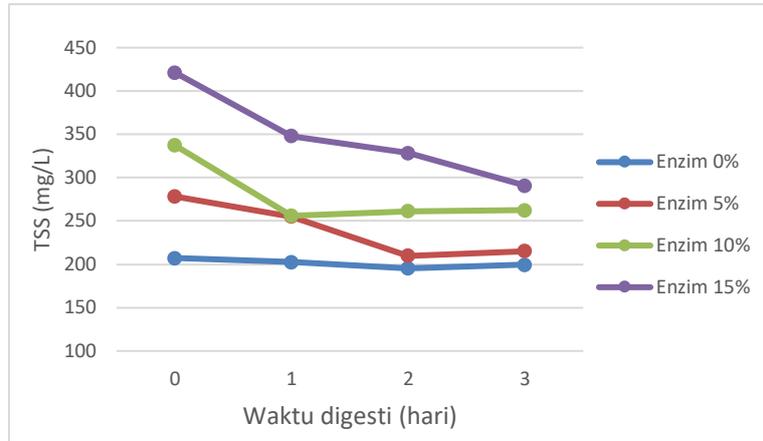
3.4 Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar TSS semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi enzim biokatalitik yang ditambahkan pada air limbah. Semakin lama waktu digesti, konsentrasi TSS juga menurun. Profil perubahan TSS per hari dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil analisis pada Gambar-2 menunjukkan bahwa penambahan enzim menyebabkan terjadi kenaikan kadar TSS. Kadar TSS semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi enzim yang ditambahkan pada air limbah. Nilai TSS limbah yang semula bernilai 207 mg/L berturut-turut meningkat menjadi 278 mg/L, 337 mg/L, dan 421 mg/L dengan penambahan enzim sebesar 5%, 10% dan 15%. Setelah waktu didigesti 1 hingga 3 hari, kadar TSS pada air limbah cenderung menurun. Penurunan TSS tertinggi sebesar 30% dari nilai TSS awal dicapai pada perlakuan penambahan enzim 15% yaitu menjadi 291 mg/L. Sementara nilai TSS terendah dicapai dengan penambahan enzim 5%, yaitu 199 mg/L.

Peningkatan kadar TSS pada limbah yang ditambahkan enzim terjadi karena kandungan TSS pada enzim yang digunakan memang masih tinggi. Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa nilai TSS, BOD, dan COD pada awal perlakuan memang tinggi karena enzim sendiri merupakan bahan organik baik

tersuspensi maupun terlarut. Akan tetapi setelah mengalami proses digesti, nilai TSS, COD, dan BOD akan menurun seiring dengan proses pemecahan yang dilakukan oleh aktivitas enzim (Rasit dan Kuan, 2017).



Gambar-2. Profil Perubahan Kadar TSS Air Limbah

Pada penelitian ini meskipun pada awal ditambahkan enzim terjadi kenaikan kadar TSS, namun setelah mengalami proses digesti, kadar TSS mengalami penurunan. Semakin Semakin tinggi konsentrasi enzim, persentase penurunan TSS semakin besar. Penurunan TSS tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15% dengan waktu digesti 3 hari, yaitu sebesar 31% dari waktu 0 hari. Hal ini dikarenakan kandungan asam-asam organik yang terdapat di dalam enzim, bersifat sebagai pelarut (Rasit dan Mohammad, 2018). Dengan demikian semakin asam air limbah, semakin tinggi kandungan asam organiknya, maka partikel-partikel melayang akan mudah untuk melarut

Nilai akhir parameter TSS hasil perlakuan enzim berkisar antara 215-291 mg/L. Sementara nilai parameter TSS kontrol adalah sebesar 199 mg/L. Dengan demikian, nilai parameter TSS tanpa perlakuan lebih baik daripada nilai TSS setelah perlakuan, namun keduanya berada di atas baku mutu yang diijinkan yaitu sebesar 30 mg/L. Akan tetapi dengan melihat tren penurunan TSS pada sampel air limbah, maka diprediksi TSS pada limbah dengan perlakuan enzim masih dapat terus menurun apabila ditambahkan waktu digesti yang lebih panjang.

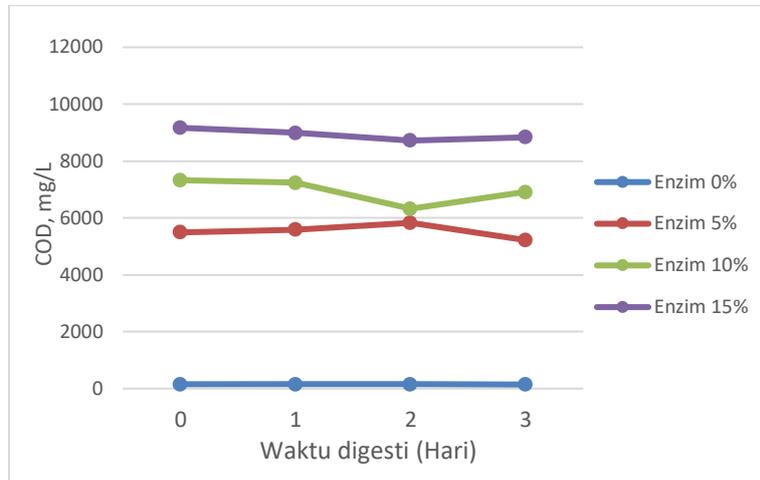
3.5 Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Kadar COD pada kontrol hari ke nol adalah 154 mg/L, akan tetapi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 terlihat bahwa penambahan enzim akan menaikkan kadar COD dengan sangat drastis. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang ditambahkan, kadar COD air limbah menjadi semakin tinggi. Selama masa digesti, tidak terdapat perubahan berarti pada kadar COD air limbah.

Hasil analisis COD pada gambar-3 menunjukkan bahwa penambahan enzim meningkatkan kadar COD dengan sangat drastis. Kadar COD sebelum penambahan enzim adalah sebesar 154 mg/L. Setelah dilakukan penambahan enzyme sebesar 5%, 10%, dan 15%, kadar COD meningkat berturut-turut menjadi 5.492 mg/L, 7.326 mg/L dan 9170 mg/L. Setelah mengalami digesti, kadar CO menurun dari pertama hingga hari ketiga baik pada konsentrasi 5%, 10%, maupun 15%. Berturut-turut kadar COD untuk masing-masing penambahan enzim setelah digesti hari ketiga adalah 8.883 mg/L, 6.915 mg/L dan 5.220 mg/L. Nilai ini jauh di atas baku mutu COD yang diijinkan, yaitu 100 mg/L.

Secara umum, penambahan enzim justru semakin meningkatkan kadar COD. Hal ini juga disebabkan karena masih sangat tingginya kandungan bahan organik pada enzim yang digunakan (tabel-1). Secara teoritis, kandungan enzim amilase, protease, dan lipase pada enzim biokatalitik ini akan mampu menurunkan kadar COD setelah mengalami tahap digesti (Rasit dan Kuan, 2017). Akan tetapi pada penelitian ini, nilai COD tidak mengalami perubahan yang signifikan setelah akhir tahap digesti. Semakin lama waktu digesti, kadar COD memang semakin menurun, namun penurunan kadar COD berlangsung sangat lambat. Nilai akhir kadar COD pada masing-masing perlakuan tetap melebihi baku mutu yang diijinkan yaitu sebesar 100 mg/L. Kegagalan proses digesti COD ini diduga berhubungan dengan pH air limbah yang terlalu rendah. Umumnya efektifitas kinerja enzim akan maksimum pada pH optimum, yang lazimnya berkisar antara pH 4,5-8,0. Pada pH yang

terlalu tinggi atau terlalu rendah umumnya enzim menjadi non aktif secara irreversibel karena menjadi denaturasi protein. Menurut Arun and Sivashanmugam (2015) pH *garbage enzyme* harus dijaga pada range 6,5-7 untuk mendukung aktivitas optimum dari enzim protease pemecah protein. Sifat katalitik dari enzim amilase terbaik diperoleh pada pH 6-7, dan aktivitas lipolitik dari enzim lipase terbaik pada pH 7 dan 8.



Gambar-3 Profil Perubahan Kadar COD Air Limbah

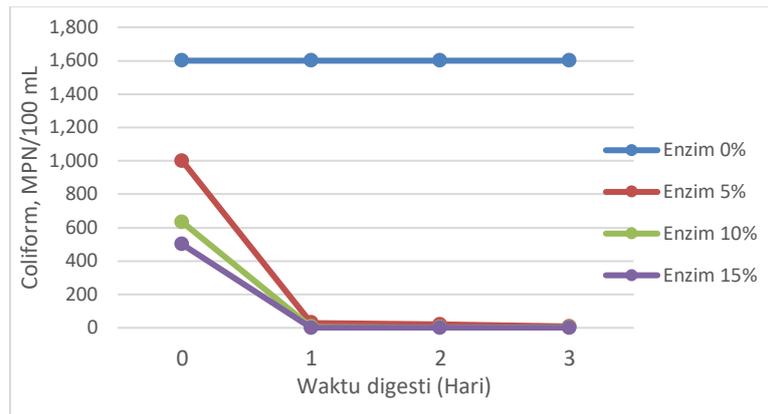
Penelitian Dors et al. (2013) dengan penambahan enzim lipase murni pada proses pengolahan limbah cair industri pengolahan unggas secara anaerob dapat menurunkan COD hingga tiga kali lipat. Penelitian-penelitian pengolahan limbah menggunakan enzim biokatalitik dari sampah buah dan sayur juga mampu menurunkan kadar COD berbagai substrat air limbah dengan sangat baik (Nazim dan Meera, 2017; Verma dan Singh 2019), akan tetapi kadar COD awal enzim yang digunakan berkisar antara 16 mg/L-7110 mg/L. Sedangkan untuk kadar COD enzim yang tinggi dilakukan rekayasa kondisi operasi dengan pengaturan pH menjadi 7 dengan penambahan buffer fosfat (Rasit dan Kuan, 2018).

Tingginya bahan organik di dalam enzim ini selain karena enzim sendiri adalah bahan organik berbasis protein, juga terdapat alkohol, berbagai jenis asam organik, partikel sisa sampah buah yang berukuran kurang dari 70 mesh, serta biomassa dari mikroorganisme pengurai dari proses fermentasi (bakteri dan ragi). Pada penelitian ini selalu muncul hifa-hifa baru pada permukaan enzim yang menandakan bahwa masih ada aktifitas ragi setelah waktu fermentasi 90 hari. Semua bahan organik tersebut, termasuk hifa ragi, menjadi penyumbang tingginya kadar TSS dan COD. Hal ini berarti perlu dilakukan penyaringan dengan filter berukuran pori lebih kecil untuk memisahkan semua padatan terlarut atau melayang dari sisa sampah buah dan biomassa mikroorganisme. Dengan demikian kandungan bahan organik akan jauh menurun dan penambahan biomassa ragi pada saat penyimpanan enzim dapat dihindari. Hal ini sekaligus menjadi bahan pertimbangan ulang atas maraknya fenomena produksi biokatalitik enzim rumahan secara sederhana oleh kelompok masyarakat untuk kemudian dituangkan secara massal pada sejumlah badan air seperti sungai dan embung dengan tujuan memperbaiki kualitas air (Kusuma, 2023). Hal ini disebabkan karena penambahan enzim ke badan air tanpa perlakuan yang tepat justru akan menambah beban bahan organik pada badan air.

3.6 Analisis Total Coliform.

Hasil analisis coliform pada Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah bakteri coliform pada air limbah rumah sakit cukup tinggi sebelum ditambahkan enzim biokatalitik. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang ditambahkan, menunjukkan jumlah coliform yang semakin kecil bahkan nol setelah mengalami proses digesti.

Hasil analisis sampel menggunakan metode MPN didapatkan pertumbuhan positif pada semua tabung sampel uji limbah kontrol. Sehingga total *coliform* yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 1600 MPN/100 mL meskipun masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan yaitu 3000 MPN/100 mL. Dengan perlakuan enzim, terjadi penurunan total *coliform* yang sangat signifikan, terutama setelah waktu digesti 2-3 hari. Pada perlakuan 10%-15% enzim, sama sekali tidak ditemukan lagi *coliform* pada sampel limbah.



Gambar 4. Profil Perubahan Total Coliform Air Limbah

Kemampuan menghambat pertumbuhan *coliform* ini sejalan dengan penelitian Dewi et al (2016) dimana enzim dari sampah kulit buah ini bersifat antibakterisida terhadap kultur bakteri *E.coli* dan *Shigella* disenteriae pada karena adanya kandungan asam asetat dan asam laktat di dalam enzim. Sebagaimana diketahui bahwa pH optimum untuk berkembangnya bakteri coliform berkisar pada 6-7 dan masih dapat sedikit tumbuh pada kisaran pH 4-8 (Arivo dan Annisatussholeha, 2017). Oleh sebab itu ketika pH limbah turun di bawah 4, coliform tidak lagi ditemukan pada sampel penelitian ini.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa enzim biokatalitik ini sangat efektif untuk menurunkan total *coliform*. Dengan demikian enzim biokatalitik dari sampah kulit buah dan sayur ini dapat menjadi alternatif solusi untuk menggantikan proses klorinasi pada pengolahan limbah rumah sakit dan sarana pelayanan kesehatan lainnya. Akan tetapi proses ini akan menyebabkan penurunan pH limbah hingga di bawah baku mutu yang diijinkan, yaitu pH 6-9. Dengan demikian pada tahap pengolahan selanjutnya perlu dilakukan netralisasi pH untuk memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan enzim biokatalitik sangat efektif menurunkan konsentrasi total *Coliform*. Penurunan *Coliform* tertinggi terjadi pada penambahan enzim 15% dimana terjadi penurunan dari 1600 MPN/100 mL menjadi 500 MPN/100mL pada waktu digesti kurang dari 24 jam. Setelah waktu digesti 2 hari, sama sekali tidak ditemukan *Coliform* pada sampel air limbah. Namun terjadi penurunan pH dan peningkatan konsentrasi TSS dan COD yang tidak memenuhi baku mutu setelah diberi perlakuan enzim pada semua variasi konsentrasi. Profil perubahan konsentrasi TSS dan COD menunjukkan tren penurunan dengan penambahan waktu digesti 1 hingga 3 hari, akan tetap nilai yang diperoleh tetap melebihi baku mutu TSS dan COD (30 mg/L dan 100 mg/L). Sementara itu pH limbah berangsur naik dengan peningkatan waktu digesti hingga 3 hari pada konsentrasi enzim 5% dan 10%, yaitu 3,5 dan 4,8. Akan tetapi nilai tersebut masih berada di luar interval baku mutu yang diijinkan, yaitu 6-9.

SARAN

Pengolahan air limbah rumah sakit secara enzimatik menggunakan enzim biokatalitik memiliki potensi yang baik, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar pH air limbah tetap berada pada pH netral agar memenuhi baku mutu yang diijinkan dan enzim-enzim dapat bekerja optimum menguraikan bahan pencemar organik di dalam air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arivo D, Annisatussholeha N. (2017). Pengaruh Tekanan Osmotik pH, Dan Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri Escherichia Coli. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan* 4 (3):153-160
- Arun C and Sivashanmugam P. (2015). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Saf. Environ. Prot.* 94/471
- Badan Standardisasi Nasional (2004). SNI 06-6989.3-2019. Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total suspended solid, TSS) secara gravimetri.

- Badan Standardisasi Nasional (2009). Air dan air limbah – Bagian 73 : SNI 6989.73:2019 Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD) secara titrimetri. SNI 6989.73:2019.
- Dewi M.A., Anugrah R., Nurfitri (2016). Uji Aktivita Antibakteria Ekoenzim terhadap *Escheria coli* dan *Shigella disenteriae*. *Prosiding SNIFA 2* Unjani.
- Dors G., Mendes A., Pereira B., de Castro H., Furigo Jr. A (2013). Simultaneous enzymatic hydrolysis and anaerobic biodegradation of lipid-rich wastewater from poultry industry. *Appl Water Sci* 3:343–349.
- Dong Y., Safferman SI., Ostahowski J., Herold T., Panter R. (2017). Enzyme pretreatment of fats, oil and grease from restaurant waste to prolong septic soil treatment system effectiveness. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*.52(1):55-63
- D. Verma, A.N & Singh, A. K. S. (2019) ‘Use Of Garbage Enzyme For Treatment Of Waste Water’, *International Journal of Scientific Research and Review*, 7(7), pp. 201–205
- Kusuma, Paundra WF. Peringati Hari Lingkungan Hidup Sedunia, 100 Liter Ecoenzyme dituang ke Kolam Trapesium UM. Diakses pada tanggal 29 Maret 2024 dari <https://um.ac.id/rilis/memperingati-hari-lingkungan-hidup-sedunia-universitas-negeri-malang-um-gelar-penuangan-dan-pembuatan-eco-enzyme/>
- Kusuma L., Darmadi, Salamun A. (2017). Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Secara Sonochemical. *Jurnal Litbang Industri*, 7(1), pp.29-39.
- Nazim, F. and Meera, V. (2017). Comparison of Treatment of Greywater Using Garbage and Citrus enzyme. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(4), pp. 49–54.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Domestik
- Rasit, N. and Mohammad, F. S. (2018). Production And Characterization Of Bio Catalytic Enzyme Produced From Fermentation Of Fruit And Vegetable Wastes And Its Influence On Aqua Culture Sludge. *MATTER: International Journal of Science and Technology*. 4(2), Pp. 12–26.
- Rasit N., and Kuan O.,I., (2018). Investigation on the Influence of Bio-catalytic Enzyme Produced from Fruit and Vegetable Waste on Palm Oil Mill Effluent. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 140, 012015.
- Said, Nusa Idaman, Dan Widayat, Wahyu. (2013). Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, [http://kelair.bppt.go.id/diakses, 24/02/2020](http://kelair.bppt.go.id/diakses,24/02/2020).
- Sarlinda, F., Sarto, S. and Hidayat, M. (2018) ‘Kinerja dan kinetika produksi biohidrogen secara batch dari sampah buah melon dalam reaktor tangki berpengaduk’, *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), p. 32.
- Sarlinda, F., & Nurkhoiriyah, Y. (2023). Efektivitas Ecoenzyme dari Kulit Buah sebagai Disinfektan Lantai yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Kesehatan*, 14(3), 510–517.
- Sunarti (2015). Uji Kualitas Air Sumur dengan Menggunakan Metode MPN (Most Probable Number). *Bioilmi*, 1(1), pp.30-34.