

PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN PROSES FLOTASI UDARA TERLARUT

¹Satriananda

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe,
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280

e-mail: satria.pnl@gmail.com

Abstrak. Air limbah domestik banyak mengandung senyawa organik yang harus disisihkan agar tidak menurunkan kadar oksigen terlarut pada badan air. Penelitian ini mempelajari pengaruh tekanan operasi serta waktu detensi terhadap penyisihan senyawa organik dalam air limbah domestik pada Reaktor Flotasi Udara Terlarut. Penelitian dilakukan pada variasi waktu detensi 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam, sedangkan tekanan operasi divariasikan 40 psi, 50 psi, 60 psi, 70 psi dan 80 psi. Hasil penelitian terbaik diperoleh efisiensi penyisihan TOC sebesar 82.60 %, penyisihan TDS 16.049%, penurunan kekeruhan 66.129%, pada waktu detensi 5 jam dengan tekanan operasi 80 psi.

Kata kunci : Air limbah domestik, Flotasi Udara Terlarut

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang demikian pesat membuat kebutuhan air bersih menjadi semakin meningkat pula. Dalam rumah tangga, air digunakan untuk berbagai keperluan seperti mandi, mencuci, memasak dan berbagai kebutuhan sekunder lainnya. Air yang telah digunakan tersebut pada akhirnya akan terbuang sebagai limbah air limbah domestik. Sumber limbah cair domestik bisa berasal dari permukiman (rumah tangga), perkantoran dan tempat-tempat rekreasi.

Jumlah air limbah domestik yang dihasilkan di negara berkembang berkisar 65 – 125 liter/kapita/hari. Biasanya 75% dari air bersih yang dikonsumsi akan menjadi air limbah domestik (Metcalf & Eddy, 1991). Air limbah domestik biasanya mengandung banyak bakteri-bakteri patogen, senyawa-senyawa organik dan nutrien. Jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang, maka kandungan bahan-bahan pencemar dalam air limbah domestik dapat menurunkan kualitas air dan menimbulkan berbagai permasalahan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (WHO/UNEP, 1997).

Untuk meminimalkan pengaruh-pengaruh negatif dari air limbah domestik, maka air limbah tersebut seharusnya diolah terlebih dahulu. Air yang dibuang harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah domestik sebaiknya harus ramah lingkungan, cocok dengan kondisi lokal, mudah dalam pengoperasian dan perawatan serta murah dari segi investasi dan operasional. Teknologi tersebut juga harus mudah dikombinasikan dengan teknologi lainnya jika akan dikembangkan dimasa yang akan datang.

Pengolahan secara konvensional biasanya dilakukan melalui penambahan garam-garam logam untuk destabilisasi partikel-partikel koloid melalui proses koagulasi, kemudian dilanjutkan dengan proses pembentukan flok (flokulasi) dan pengendapan (sedimentasi). Metode konvensional membutuhkan penggunaan bahan-bahan kimia yang intensif seperti seperti alum, kapur, soda abu, dan lain-lain, sehingga akan menimbulkan permasalahan lanjutan. Metode konvensional juga membutuhkan pengawasan yang lebih intensif untuk penambahan bahan kimia dan endapan yang dihasilkan lebih banyak, sehingga akan menambah biaya penanganan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan dengan menggunakan reaktor Flotasi Udara Terlarut (*Dissolved Air Flotation*, DAF).

Flotasi adalah suatu proses dimana padatan, cairan atau zat terlarut dibawa ke permukaan larutan dengan memanfaatkan gelembung udara. Zat yang diflotasi menempel pada permukaan gelembung udara, sehingga terangkat ke permukaan larutan yang untuk selanjutnya dapat dipisahkan dari larutan (T.A. Rickard, 2007).

Proses flotasi dengan memasukkan udara ke dalam air akan membuat partikel-partikel terlarut didalam air berkumpul membentuk flok-flok, sehingga menyebabkan ukuran partikel-partikel tersebut menjadi lebih besar dan mudah terangkat oleh gelembung-gelembung udara. Terjadinya flotasi merupakan hasil interaksi antara gelembung-gelembung udara dengan suatu fasa terdispersi, dimana kecepatan gaya dorong ke atas sangat tergantung pada gaya gravitasi dan dispersi. Flotasi juga dipengaruhi oleh konsentrasi permukaan dari fasa terdispersi dan pemakaian bahan kimia sebagai penurun tegangan antara fasa terdispersi terhadap media air.

Untuk dapat di flotasi, maka suatu zat harus bersifat hidrofobik, sehingga dapat menempel pada gelembung udara. Zat yang bersifat hidrofilik dapat diubah menjadi hidrofobik dengan penambahan suatu senyawa yang disebut kolektor. Pada Flotasi Udara Terlarut, ukuran diameter gelembung udara yang dihasilkan rata-rata 10 hingga 100 mikron (Metcalf, 1991).

Dalam banyak kasus, Flotasi Udara Terlarut (DAF) merupakan pilihan yang sangat tepat untuk proses penjernihan air. Pada proses Flotasi Udara Terlarut, partikel-partikel yang terlarut dalam air limbah digumpalkan dan dipisahkan dari air tidak dengan mengendapkannya ke dasar, tetapi dengan mengapungkan partikel-partikel tersebut ke permukaan air.

Proses Flotasi Udara Terlarut biasanya efektif untuk menyisahkan padatan-padatan yang memiliki densitas yang rendah seperti kekeruhan, warna, *algae*, *Giardia/Cryptosporidium*, atau senyawa-senyawa organik terlarut dan logam-logam. Semua bahan-bahan tersebut adalah bahan-bahan yang sulit untuk dapat diendapkan, tetapi cenderung mengapung atau melayang di dalam air. Proses Flotasi Udara Terlarut juga sangat efektif untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang menyebabkan air memiliki bau dan rasa yang tidak enak (James E. Farmerie, 2011).

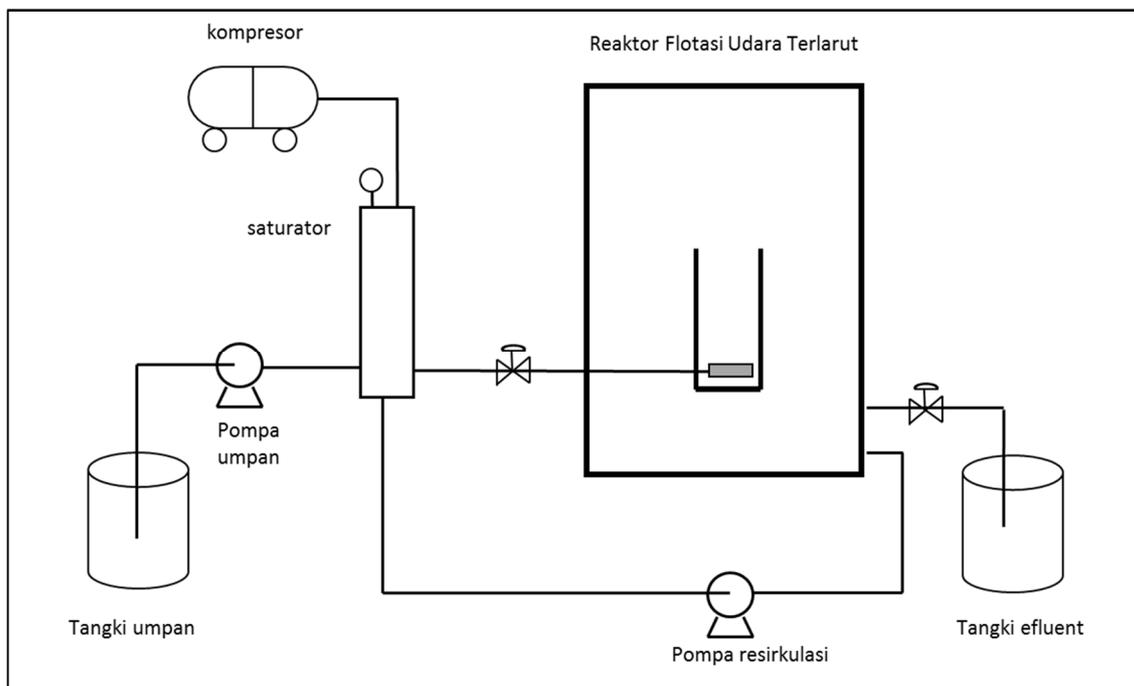
Proses DAF mampu bekerja pada laju pembebanan yang tinggi dibandingkan dengan proses pengendapan yang mengandalkan gaya gravitasi. Laju pembebanan yang tinggi dapat menurunkan waktu tinggal cairan, sehingga proses pengolahan air dapat berlangsung lebih singkat. Keuntungan lainnya adalah proses *start up* yang lebih cepat, efektif dalam menyisahkan *algae*, dan sangat cocok untuk mengolah air dengan kandungan alkalinitas dan kekeruhan yang tidak terlalu tinggi. Proses DAF mampu

menurunkan kekeruhan air dari 500 NTU hingga mencapai kurang dari 1 NTU di Afrika Selatan (Kolbe, 1997).

Jika ditinjau dari kandungan-kandungan pencemar yang ada di dalam air limbah domestik serta kemampuan proses Flotasi Udara Terlarut, maka proses ini diduga mampu efektif untuk mengolah air limbah domestik. Proses Flotasi Udara Terlarut diharapkan tidak hanya dapat untuk menurunkan kekeruhan air limbah domestik, tetapi juga dapat menyisihkan kandungan senyawa organik dari dalam air, sehingga air limbah domestik menjadi lebih aman untuk dibuang ke lingkungan. Penelitian ini mencoba untuk menerapkan Proses Flotasi Udara Terlarut (DAF) untuk menyisihkan berbagai kontaminan dalam air limbah domestik, sehingga dapat meminimalkan efek negatif air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan Reaktor Flotasi Udara Terlarut. Sampel Air limbah domestik berasal dari air buangan asrama Politeknik Negeri Lhokseumawe. Rancangan Reaktor ditampilkan pada Gambar 1. Volume efektif reaktor 20 liter. Tekanan operasi divariasikan pada 40 psi, 50 psi, 60 psi, 70 psi dan 80 psi dengan waktu detensi 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Pengujian sampel dilakukan sebelum dan sesudah proses untuk melihat kemampuan reaktor Flotasi Udara Terlarut dalam menyisihkan senyawa organik dari air limbah domestik. Pengukuran kandungan senyawa organik menggunakan *TOC analyzer* (Shimadzu), pengukuran kekeruhan menggunakan *turbidimeter* (Hach) dan pengukuran konsentrasi padatan terlarut menggunakan TDS meter. Untuk melihat karakteristik lumpur dan bakteri digunakan *Scanning Electron Microscope* (JEOL 6500).



Gambar 1. Rancangan Peralatan Flotasi Udara Terlarut

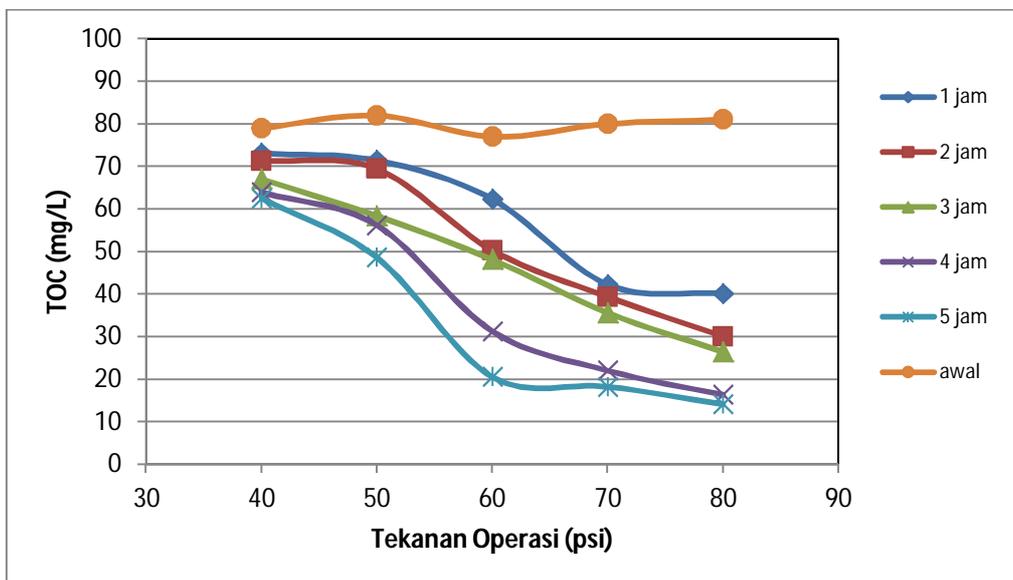
3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air dan Limbah Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Ada dua parameter utama yang mempengaruhi proses pengolahan air limbah domestik dengan proses Flotasi Udara Terlarut, yaitu tekanan dan waktu tinggal cairan. Pada penelitian ini ingin dilihat pengaruh tekanan dan waktu detensi terhadap penyisihan senyawa organik.

3.1 Penyisihan Senyawa Organik

Proses Flotasi Udara Terlarut adalah proses dimana udara dipaksakan larut ke dalam air pada tekanan tinggi, pada saat air yang mengandung udara terlarut tersebut dilepaskan ke tekanan atmosfer, molekul-molekul udara akan lepas dari air berbentuk gelembung-gelembung yang sangat kecil. Gelembung-gelembung tersebut akan naik ke permukaan air sambil mengikat kontaminan-kontaminan yang ada di dalam air, sehingga kontaminan-kontaminan tersebut akan terpisah dari air dan air menjadi lebih bersih.

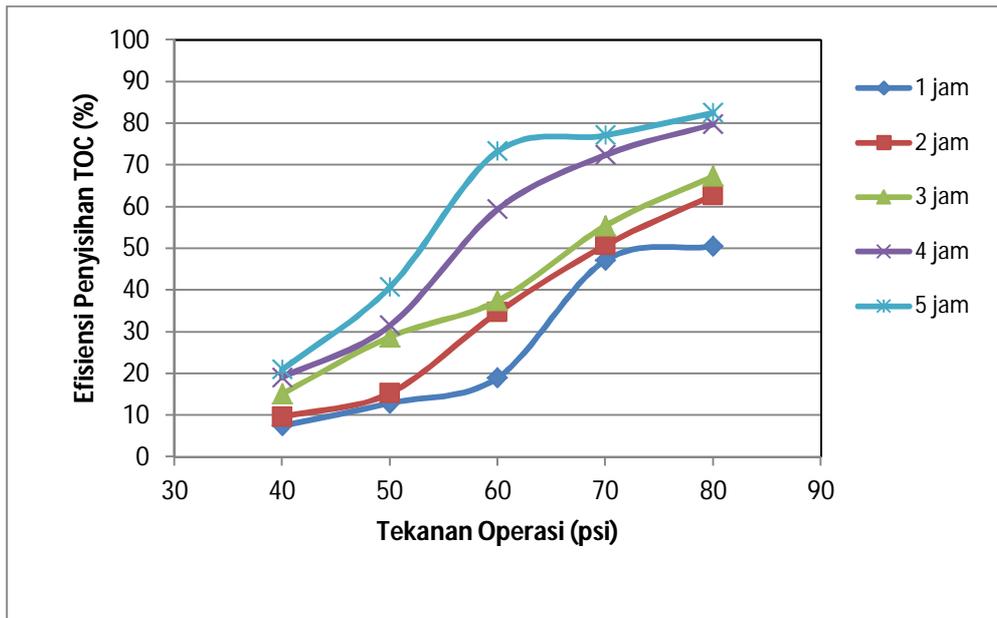
Tekanan merupakan salah satu parameter yang menentukan dalam pengoperasian Reaktor Flotasi Udara Terlarut (*Dissolved Air Flotation/DAF*) dalam menyisihkan senyawa-senyawa organik yang ada di dalam limbah cair. Hasil penelitian pengaruh tekanan terhadap penurunan konsentrasi TOC (mg/L) dalam air limbah domestik dapat dilihat pada gambar 2 sedangkan efisiensi penyisihan TOC pada berbagai variasi tekanan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Konsentrasi TOC (mg/L) dalam air limbah pada berbagai variasi tekanan dalam proses Flotasi Udara Terlarut

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan operasi, maka konsentrasi TOC (mg/L) dalam air limbah pada akhir proses menjadi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan, maka semakin banyak molekul udara yang dipaksa masuk ke dalam air, sehingga konsentrasi udara di dalam air menjadi semakin meningkat.

Pada saat air yang mengandung udara terlarut tersebut dilepaskan ke tekanan atmosfer, molekul-molekul udara yang terlarut di dalam air akan lepas menjadi gelembung-gelembung yang sangat halus. Semakin besar tekanan yang diberikan maka gelembung yang dihasilkan akan semakin banyak dan semakin kecil. Gelembung-gelembung tersebut akan naik ke permukaan air sambil membawa partikel-partikel senyawa organik yang tersuspensi. Proses ini menyebabkan kandungan senyawa organik di dalam air (TOC) menjadi semakin berkurang sehingga efisiensi penyisihan senyawa organik menjadi semakin tinggi (Gambar 3) dan air menjadi lebih jernih.



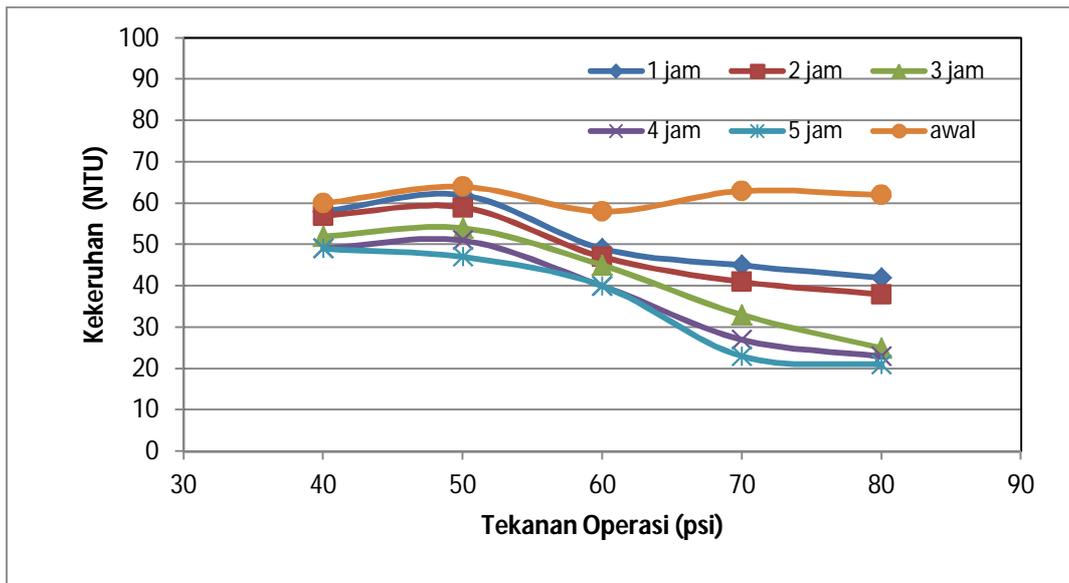
Gambar 3. Efisiensi penyisihan TOC pada berbagai variasi tekanan dalam proses Flotasi Udara Terlarut

Pada tekanan 40 psi penyisihan TOC dalam air limbah tidak efisien, hal ini disebabkan karena tekanan yang diberikan belum mampu memaksa udara secara maksimal larut ke dalam air, akibatnya pada saat air dalam tangki flotasi dilepaskan ke tekanan atmosfer, gelembung –gelembung udara yang dihasilkan jumlahnya sangat sedikit dan berukuran besar. Ukuran gelembung yang besar dan dalam jumlah yang sedikit tentu saja tidak dapat efektif untuk mengikat senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam air, sehingga penyisihan senyawa organik (TOC) maksimum yang dapat dicapai hanya mencapai 22 %. Hal ini terlihat sangat berbeda dibandingkan dengan efisiensi penyisihan TOC pada tekanan 80 psi yang mencapai 81 %.

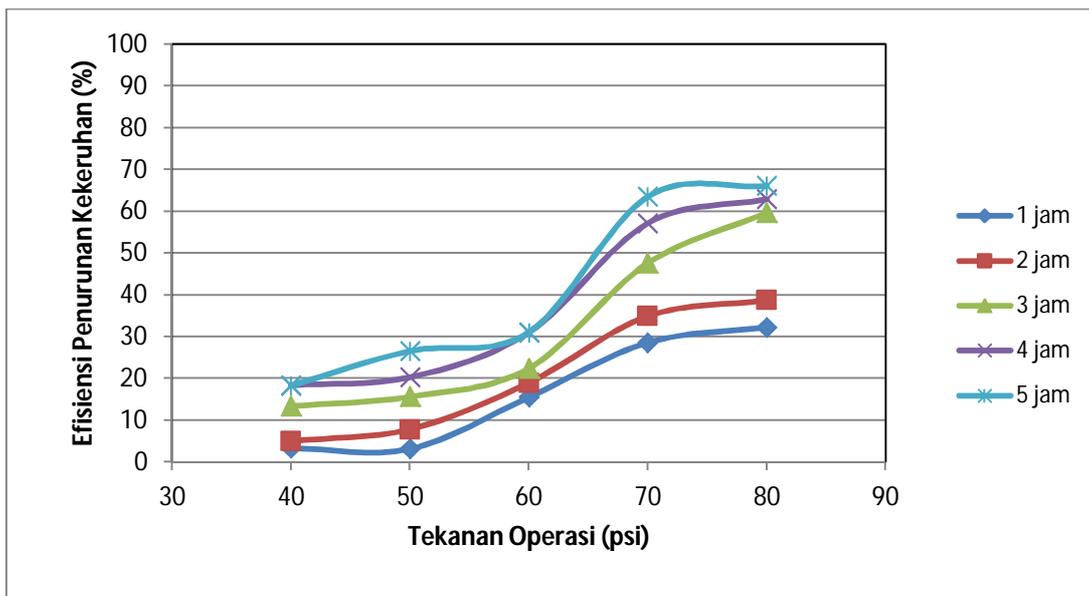
3.2 Penurunan Kekeruhan

Kekeruhan merupakan sifat atau penyerapan optik suatu cairan. Sifat ini sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan partikel-partikel tersuspensi yang terdapat di dalam cairan. Semakin besar kandungan partikel tersuspensi yang ada di dalam cairan, maka semakin besar cahaya optik yang dapat diserap. Kekeruhan biasanya juga disebut sebagai kemampuan suatu zat cair untuk dapat ditembusi oleh cahaya. Besarnya tingkat kekeruhan suatu zat cair dinyatakan dengan parameter *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Kekeruhan (NTU) dalam air limbah domestik pada berbagai tekanan dan waktu tinggal cairan ditampilkan pada Gambar 4.

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa peningkatan tekanan operasi menyebabkan kandungan udara terlarut semakin besar. Semakin besar kandungan udara terlarut, maka gelembung udara yang dihasilkan pada saat air dilepaskan ke tekanan atmosfer akan semakin kecil dan jumlahnya menjadi semakin banyak. Gelembung-gelembung udara tersebut akan membawa partikel-partikel padatan penyebab kekeruhan di dalam air, akibatnya kekeruhan air menjadi semakin berkurang. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya efisiensi penyisihan kekeruhan seperti ditampilkan pada Gambar 5. Efisiensi penyisihan kekeruhan terbaik sekitar 67 % dicapai pada tekanan 80 psi.



Gambar 4. Penurunan Kekeruhan dalam air limbah domestik pada berbagai tekanan dan waktu tinggal cairan dalam proses Flotasi Udara Terlarut.

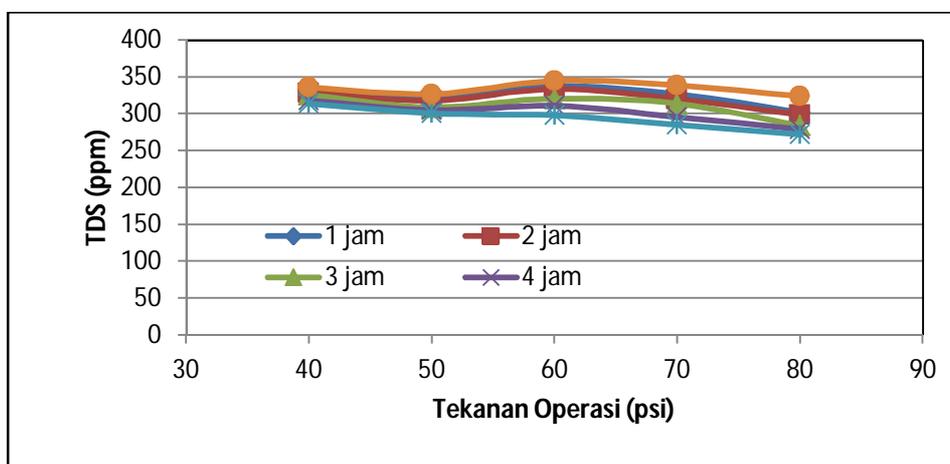


Gambar 5. Efisiensi penyisihan kekeruhan air limbah domestik pada berbagai variasi tekanan dan waktu tinggal cairan dalam proses Flotasi Udara Terlarut

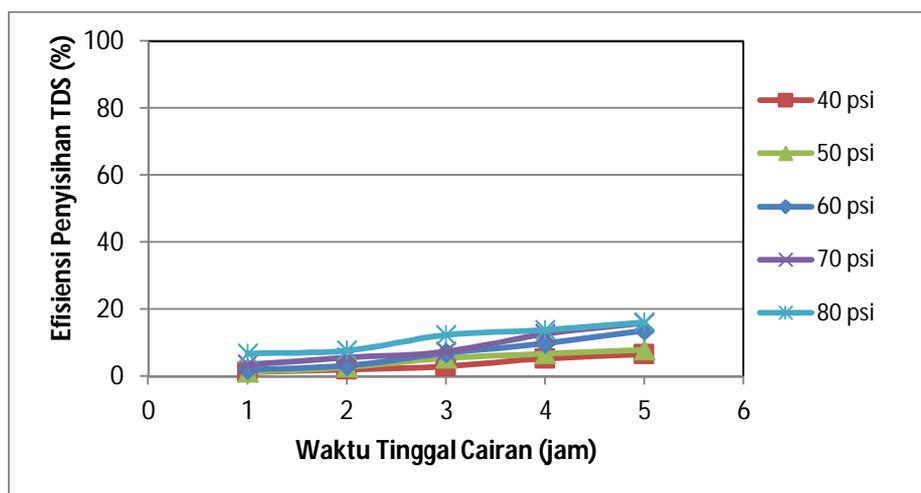
3.3. Penurunan Konsentrasi Padatan Terlarut (TDS)

TDS (*Total Dissolve Solid*) yaitu banyaknya kandungan zat terlarut yang terdapat pada sebuah larutan. Besarnya penyisihan TDS dalam air limbah domestik pada berbagai variasi tekanan dan waktu tinggal cairan dalam proses Flotasi Udara Terlarut ditampilkan pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, peningkatan tekanan operasi akan menurunkan tingkat kandungan padatan terlarut dalam air limbah domestik. Meskipun demikian, tingkat penurunan konsentrasi padatan terlarut pada penelitian ini sangat kecil. Peningkatan waktu tinggal cairan di dalam reaktor tidak banyak membantu menurunkan konsentrasi padatan terlarut pada proses Flotasi Udara Terlarut, akibatnya efisiensi penyisihan padatan terlarut yang dapat dicapai cukup kecil. Besarnya efisiensi penyisihan padatan terlarut pada berbagai waktu tinggal cairan dan tekanan operasi dalam proses Flotasi Udara Terlarut ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Penyisihan Total Padatan Terlarut (TDS) dalam air limbah pada berbagai variasi tekanan waktu tinggal cairan dalam proses Flotasi Udara Terlarut

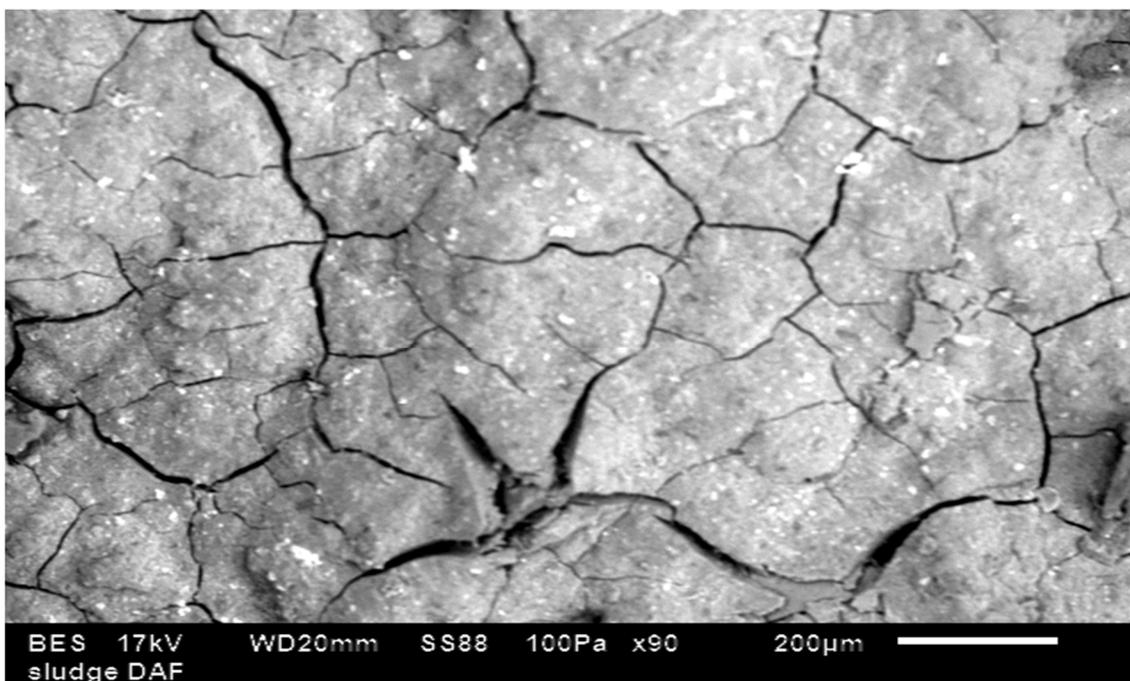


Gambar 7. Efisiensi penyisihan padatan terlarut (TDS) pada berbagai variasi waktu tinggal cairan dan tekanan operasi pada proses Flotasi Udara Terlarut.

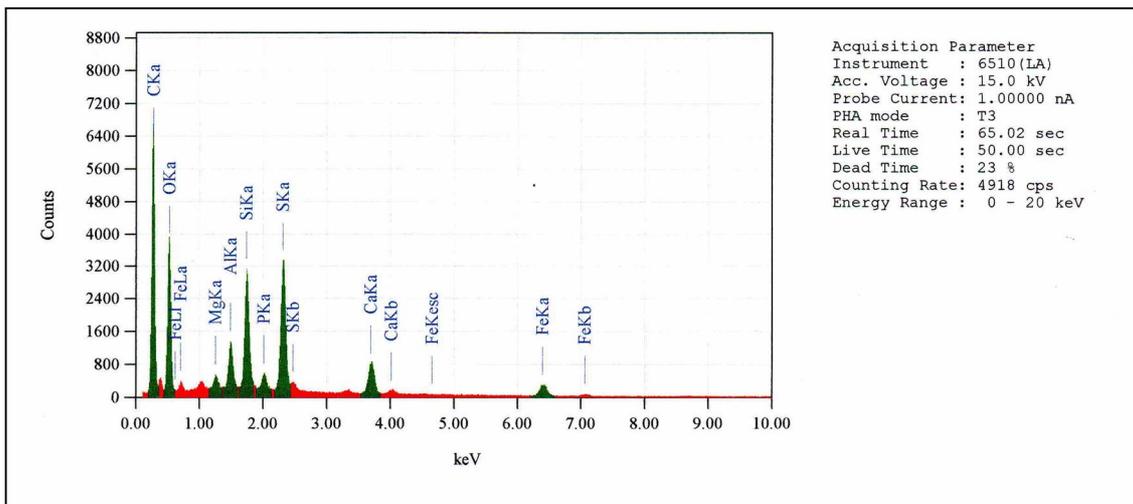
Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan TDS berkisar antara 1,19% - 16,05 %. Penyisihan padatan terlarut terbaik sebesar 16,05 % dicapai pada waktu tinggal cairan 5 jam dan tekanan operasi 80 psi. Rendahnya penyisihan padatan terlarut pada proses Flotasi Udara Terlarut disebabkan karena padatan-padatan terlarut tersebut berada dalam kondisi terionisasi di dalam cairan. Gelembung-gelembung udara yang dihasilkan dari tangki bertekanan pada proses Flotasi Udara Terlarut tidak mampu mengikat padatan-padatan dalam air yang berbentuk ion. Hanya sebagian kecil ion-ion logam saja yang dapat bereaksi dengan oksigen yang terbawa gelembung udara yang dapat diubah menjadi partikel padatan dan kemudian dibawa menuju ke permukaan air untuk dipisahkan, akibatnya sebagian besar partikel-partikel padatan terlarut tetap berada di dalam air. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi penurunan konsentrasi padatan terlarut di dalam air limbah domestik tidak dapat maksimal seperti yang diharapkan.

3.4. Karakteristik Lumpur

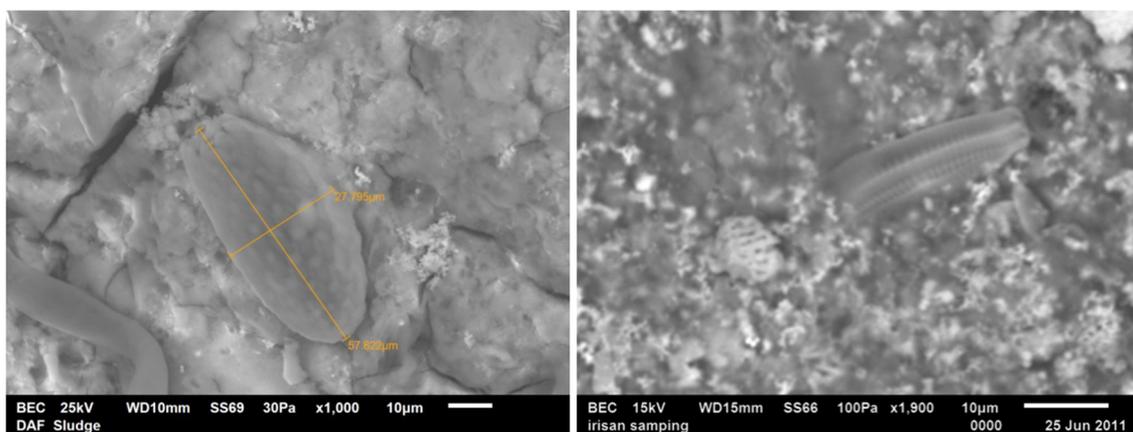
Produk samping dari proses Flotasi Udara Terlarut adalah lumpur yang terbentuk pada permukaan cairan. Lumpur tersebut berasal dari partikel-partikel tersuspensi yang dibawa oleh gelembung-gelembung udara terlarut yang dihasilkan dari tangki bertekanan. Lumpur hasil proses flotasi sebagian besar mengandung senyawa karbon dan oksigen yang merupakan penyusun dari senyawa-senyawa organik. Sementara sisanya mengandung bahan-bahan seperti silika, *Magnesium*, *Calcium*, Besi dan *Sulfur*. Disamping itu ada juga bakteri dan serat-serat tumbuhan yang tersuspensi di dalam larutan ikut terbawa ke atas bersama lumpur. Gambar lumpur hasil proses flotasi beserta analisa komposisinya menggunakan *Scanning Electron Microscope* ditampilkan pada Gambar 8.



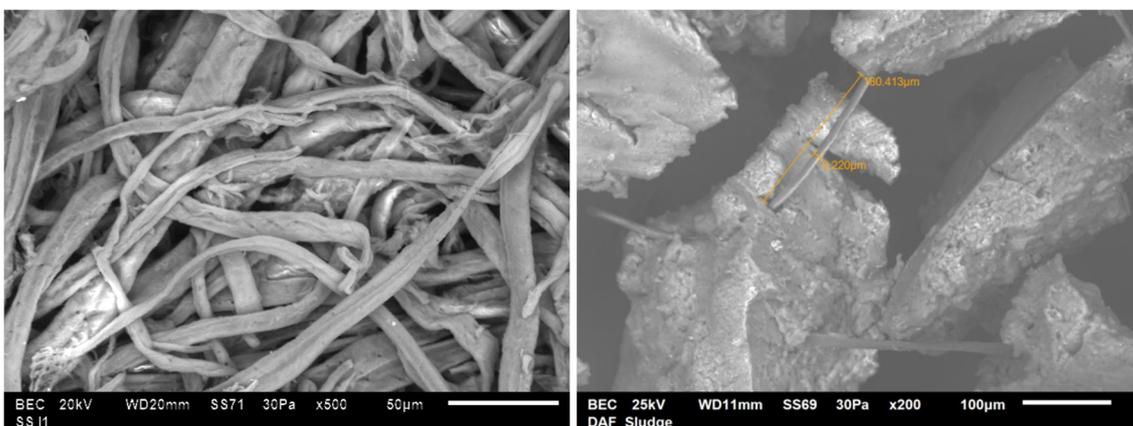
Gambar 8. Lumpur hasil proses Flotasi Udara Terlarut



Gambar 9. Hasil analisis komposisi lumpur (EDS) proses Flotasi Udara Terlarut



Gambar 10. Bakteri yang terdapat dalam lumpur limbah domestik hasil proses flotasi udara terlarut



Gambar 11. Serat kertas yang terbawa ke dalam lumpur limbah domestik hasil proses flotasi udara terlarut

4. Kesimpulan

- Tekanan operasi cairan berpengaruh terhadap pengolahan air limbah domestik dengan proses Flotasi Udara Terlarut.
- Semakin besar tekanan operasi yang diberikan, maka efisiensi penyisihan TOC, Turbidity, semakin baik. Peningkatan tekanan tidak memberi pengaruh signifikan terhadap konsentrasi padatan terlarut (TDS) dan pH sistem.
- Lumpur hasil proses Flotasi Udara Terlarut sebagian besar mengandung senyawa karbon dan oksigen sebagai penyusun utama senyawa organik.

5. Daftar Pustaka

- WHO/UNEP, (1997). *Water Pollution Control – A Guide to the Use of Water Quality Management Principles*, SOFTbank E-Book Tehran.
- Gregory R., (1997) *Summary of general developments in DAF for water treatment since 1976*. Proc. of the CIWEMInt. Conf: DissolvedAir Flotation, London, 1-8.
- James E. Farmerie, (2011). *Dissolved Air Flotation as a cost effective alternative for Potable Water Clarification*, www.awwoa.ab.ca/pdfs, diakses tanggal 3 Maret 2011.
- Kolbe F. (1997). *Design and operation of six DAF installations in South Africa*. Proc. of the CIWEMInt. Conf: DissolvedAir Flotation, London, 429-437.
- <http://repository.ui.ac.id/contents/koleksi/11>, 2011, diakses tanggal 3 maret 2011.
- Rickard, T.A., (2007). *Flotation*, University of California, digitized by Microsoft.
- Metcalf and Eddy, (2003). *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*, Metcalf and Eddy Inc.