

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan menggunakan Fluidized Bed Reaktor secara aerobik dengan media *styrofoam* ini dimulai dengan melakukan starter bakteri yaitu dengan penambahan nutrisi berupa lumpur sebanyak \pm 200 ml yang diambil dari IPAL Sewon Bantul, dan beberapa larutan antara lain :

- Larutan A, terdiri dari : K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NH_4Cl
- Larutan B, terdiri dari : $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnSO_4$ dan $CaCl$
- Larutan Glukosa dan EM4.

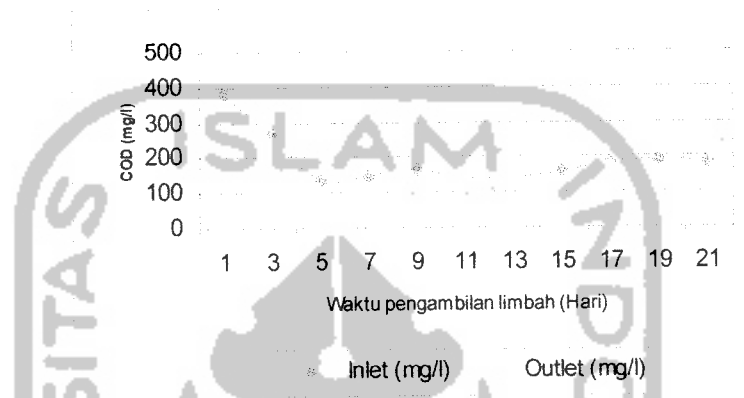
Penambahan larutan ini dilakukan pada reaktor dan hanya diberikan sekali selama proses berlangsung. Penambahan larutan atau nutrisi ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat. Sebelum air limbah yang telah diberi nutrisi ini dialirkan, terlebih dahulu dibiarkan di dalam reaktor selama 1 hari agar bakteri yang telah ada sebelumnya dapat menyesuaikan diri dan bisa bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Dari penelitian yang dilakukan selama 21 hari diperoleh hasil penelitian terhadap *Cemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebagai berikut :

4.1 Konsentrasi COD

Dalam penelitian ini, pengukuran COD dilakukan setiap 2 hari sekali.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi COD dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Konsentrasi COD Inlet dan Outlet

Dari data hasil pengujian COD menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi pada setiap harinya. Rata-rata konsentrasi COD pada titik inlet sebesar 189,44 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 177,02 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 6,56 %. Pada pengujian parameter COD dapat terlihat perbedaan penurunan yang tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran).

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *t-test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

$$- 2.086 < 0,8465 < 2.086 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak).}$$

Oleh karena t hitung $< t$ tabel sehingga H_0 diterima, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD pada inlet dan outlet. Dengan kata lain, konsentrasi COD pada inlet hampir sama dengan outlet.

Pengujian parameter COD dilakukan selama 21 hari dimana sample diambil tiap 2 hari sekali. Pada pengujian parameter COD yang dilakukan pada air limbah *septictank* yang telah melalui pengolahan menggunakan reaktor *Fluidized bed* media *styrofoam* pada kondisi *start up* mengalami perubahan konsentrasi. Rata-rata perubahan tersebut adalah terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD.

Berdasarkan uji statistik *t-test* diketahui bahwa terjadi penurunan pada konsentrasi COD yang tidak signifikan. Pada awal penelitian mulai dari hari pertama sampai hari kelima konsentrasi COD outlet mengalami kenaikan, hal ini terjadi karena banyaknya mikroorganisme dalam reaktor yang ikut dalam aliran saat *starter* bakteri. Selain itu juga karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut maka zat organik belum banyak yang diuraikan oleh mikroorganisme. Sedangkan pada hari ketujuh sampai hari ke tigabelas konsentrasi COD mengalami penurunan, pada saat ini mikroorganisme mulai mengalami pertumbuhan dan sudah menguraikan bahan organik sebagai makanannya. Pada hari ke 15 terjadi kenaikan konsentrasi outlet yang melebihi konsentrasi inlet hal ini terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang dipengaruhi oleh lingkungannya, dikarenakan sistem pengaliran limbah dalam proses ini secara kontinu maka adanya kemungkinan suplai limbah baru yang mengandung bahan organik yang konsentrasinya tinggi sehingga mikroorganisme yang sudah ada harus menyesuaikan diri dengan suasana baru tersebut. Perubahan yang terjadi di

dalam lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan sifat fisiologi mikroorganisme (Suriawiria,1993). Mikroorganisme yang tidak bisa menyesuaikan diri akan mati dan terbawa kealiran outlet. Setelah hari ke 15 konsentrasi COD antara inlet dan outlet terjadi penurunan sampai hari ke 21, hal ini menunjukkan bahwa keadaan reaktor sudah mendekati keadaan peningkatan pertumbuhan bakteri, dibutuhkan banyak persediaan makanan, sehingga suatu saat terdapat pertemuan antara bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya (sugiharto,1987)

Kenaikan dan penurunan kadar COD terjadi karena pada keadaan awal penelitian ini belum terjadi kestabilan dalam pertumbuhan bakteri. Kenaikan kadar COD ini juga terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi dari inlet dimana terdapat perbedaan beban limbah *septic tank* setiap harinya. Beban limbah *septic tank* berubah sesuai dengan aktivitas dan banyak sedikitnya beban yang masuk.

Prinsip pengolahan secara aerobik ialah menguraikan secara sempurna senyawa organik yang berasal dari buangan dalam perioda waktu yang relatif singkat. Penguraian dilakukan oleh sejumlah mikroba terutama bakteri. Selama proses berlangsung metabolisme penguraian oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor-faktor jumlah sumber nutrisi dan jumlah oksigen. Selama sumber nutrisi cukup dan jumlah oksigen tidak berkurang, bakteri akan berkembang biak secara baik dan menghasilkan energi yang cukup untuk mengurangi senyawa organik. Energi yang terbentuk dari penguraian senyawa organik akan membentuk protoplasma, maka proses berlangsung dalam dua tahap yaitu fase penambahan dan fase pengurangan

(suriawiria, 1993). Nilai penambahan dari reaksi terjadi selama fasa-lag pertumbuhan mikroba, sedangkan nilai pengurangan akan terjadi selama fasa menurun. Dasar dari kedua fasa ini adalah perbandingan jumlah sumber nutrisi. Pada masa pertumbuhan, jumlah buangan dapat ditetapkan dalam waktu yang singkat, karena jumlah nutrient yang cukup akan menambah jumlah mikroba, tetapi tidak membentuk flok. Nilai effluent akan menjadi lebih besar bila jumlah bakteri berkurang. Sedangkan pada fasa penurunan konsentrasi organik akan turun akibat sumber nutrisi akan berkurang jumlahnya.

Pada bagian dalam reaktor terjadi proses aerobik, udara yang dimasukkan berasal dari udara luar yang dipompakan kedalam air limbah oleh pompa udara. Proses aerobik mengubah bahan organik dalam limbah cair menjadi karbondioksida, air dan ammonia. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts, 1984).

Penurunan konsentrasi COD dimungkinkan karena adanya oksigen dan mikroorganisme dalam menguraikan bahan-bahan organik didalam reaktor, masuknya oksigen mempercepat produksi asam organik, menambah karbondioksida tetapi mengurangi metan (Gintings, 1992).

Berdasarkan Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, menyatakan bahwa perbandingan antara BOD/COD adalah 0,4-0,6 (Alaerts, 1984) maka untuk parameter COD batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 200 mg/l ($BOD/COD=0,5$). Dari parameter COD

ini dapat dilihat bahwa reaktor memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini didasarkan dengan melihat rata-rata pada outlet. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* dengan media pasir kuarsa pada limbah rumah sakit, konsentrasi COD mengalami penurunan sebesar 88,70%. Pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam* saat *start up* pada kondisi Anaerobik dengan parameter yang diukur adalah COD didapatkan efisiensi penurunan sebesar 14,063% (Nefa, 2006). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan pada saat *start up* dengan kondisi aerobik pada reaktor *Fluidized Bed*, efisiensi penurunan yang diperoleh sebesar 6,56%. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor masih belum efektif apabila dijalankan pada kondisi tersebut, begitu juga dengan *styrofoam* tidak efektif sebagai media tempat tumbuhnya mikroorganisme karena permukaan *styrofoam* yang halus/licin sehingga mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

Kondisi sudah dikatakan *steady state* apabila waktu penumbuhan bakteri telah lebih dari 3 minggu untuk proses aerobik dan telah mencapai waktu 3-6 bulan untuk proses anaerobik. Saat penurunan konsentrasi bahan organik dalam keadaan stabil maka dapat dikatakan kondisi telah *steady state*. Ketika pertumbuhan bakteri konstan, maka kondisi *steady state* berlaku. Dimana kecepatan terbentuknya pertumbuhan bakteri sama/sebanding dengan kecepatan penguraian. Pada penelitian ini kondisi *steady state* belum tercapai dikarenakan waktu pengambilan sample atau

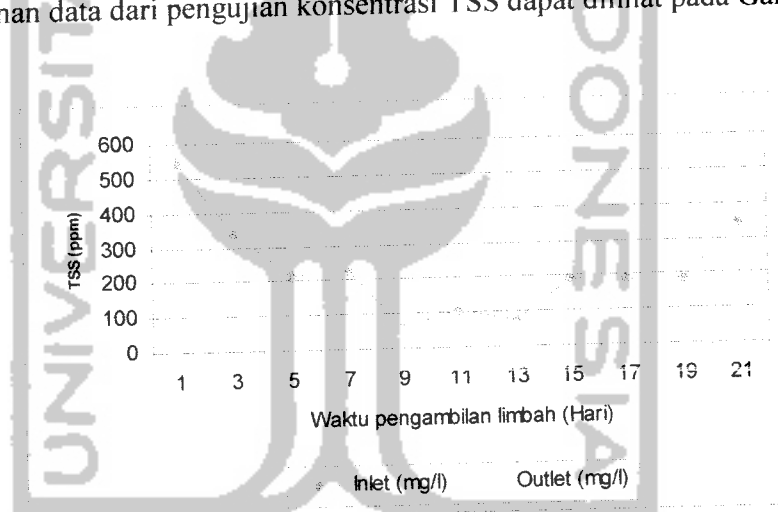
pengoperasian reaktor yang dilakukan selama 21 hari terlalu cepat dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada kondisi reaktor yang anaerobik selama 30 hari.

Untuk menjaga pertumbuhan mikroorganisme maka harus memperhatikan keasaman, suhu, waktu retensi dan kebutuhan nutrisi.

4.2 Konsentrasi TSS

Dalam penelitian ini, pengukuran TSS dilakukan setiap 2 hari sekali.

Hasil perolehan data dari pengujian konsentrasi TSS dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Konsentrasi TSS Inlet dan Outlet

Dari data hasil pengujian TSS menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi pada setiap harinya. Rata-rata konsentrasi TSS pada titik inlet sebesar 224,046 mg/L dan untuk titik outlet sebesar 132,73 mg/L. Efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi COD sebesar 40,76 %. Pada pengujian parameter TSS dapat terlihat perbedaan penurunan yang tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran).

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *t-test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan *t* tabel (*t critical*) dengan *t* hitung (*t stat*) yaitu :

$$- 2.086 < 1,7407 < 2.086 \text{ (maka } H_0 \text{ diterima dan } H_a \text{ ditolak).}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) bahwa *t* hitung < *t* tabel sehingga H_0 diterima, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet. Dengan kata lain konsentrasi pada inlet hampir sama dengan konsentrasi pada outlet. Terdapatnya perbedaan yang tidak signifikan antara inlet dan outlet terjadi karena kurangnya waktu kontak yang terjadi pada reaktor untuk melakukan proses adsorpsi. Permukaan media yang kasar mampu menyediakan area yang lebih besar untuk melekatnya mikroorganisme akan tetapi pada penelitian ini digunakan media yang memiliki permukaan yang halus/licin, yang mana hal ini dapat mempengaruhi kemampuan mikroba untuk menempel pada media.

Pada analisa data pengambilan sampel yang dilakukan setiap 2 hari sekali selama 21 hari, menunjukkan adanya penurunan dan kenaikan konsentrasi TSS. Rata-rata nilai penurunan konsentrasi pada outlet tidak melebihi konsentrasi pada inlet.

Penurunan konsentrasi TSS terjadi pada hari pertama sampai hari kesebelas, hal ini dikarenakan pada awal pertumbuhannya bakteri berkembangbiak secara konstan dan agak lambat karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut. Selain itu juga didalam reaktor *fluidized bed* terjadi proses fisik (penyaringan) oleh media *styrofoam*. Air limbah yang mengandung padatan tersuspensi ini dialirkan kedalam

reaktor melewati media *styrofoam*. Padatan tersuspensi ini akan tertahan oleh permukaan media *styrofoam* sebagai tempat tumbuhnya lapisan biofilm, dan pada saat inilah terjadi proses degradasi *Total Suspended Solid* oleh mikroorganisme yang menempel pada lapisan biofilm.

Kenaikan konsentrasi TSS ini terjadi pada hari ke 13 sampai hari ke 17, kenaikan ini terjadi karena adanya proses pembentukan lumpur oleh mikroorganisme, dimana lumpur yang dihasilkan menandakan banyaknya mikroorganisme dalam reaktor sehingga dapat menurunkan bahan organik pada air limbah. Mikroorganisme yang secara alamiah memegang peranan penting dalam proses oksidasi biologis. Pada saat suplai makanan (limbah) berlebihan, semua jenis mikroorganisme mulai tumbuh dan berkembang diantaranya *protozoa*, *bakteri*, *alga* dan lain-lain. *Sarcodina* akan dijumpai dalam jumlah banyak pada saat sistem penanganan mulai dioperasikan. Bersamaan dengan itu pada saat konsentrasi limbah organik tinggi dimana tingkat efisiensinya rendah maka akan muncul organisme *flagelata*, sedangkan jika konsentrasi limbah organik rendah dan tingkat efisiensinya tinggi maka mulai muncul organisme *rotifera* (anonim). Menurut Suriawiria, apabila bahan organik rendah dan jumlah oksigen tinggi akan tumbuh hewan seperti *Daphnia* dan *Rotaria*, jenis ini sangat penting didalam proses penjernihan air.

Penguraian *Total Suspended Solid* (TSS) ini terjadi karena TSS ini terdiri dari zat padat tersuspensi organis dan zat padat tersuspensi inorganis. Dimana zat padat tersuspensi organis ini dan juga bahan - bahan organik lainnya diperlukan bakteri

untuk pertumbuhan selnya. Penambahan senyawa organik terlarut akan menambah efisiensi penguraian di dalam reaktor, dan akibatnya lumpur yang dihasilkan akan mengandung karbondioksida yang dipakai untuk pengurangan oksidasi. Oleh karena proses hidrolisis yang diikuti dengan proses oksidasi, partikel besar akan diubah menjadi partikel lebih kecil sehingga konsentrasi bahan organik setelah pemisahan oleh absorpsi tergantung kepada konsentrasi lumpur (Suriawiria, 1993)

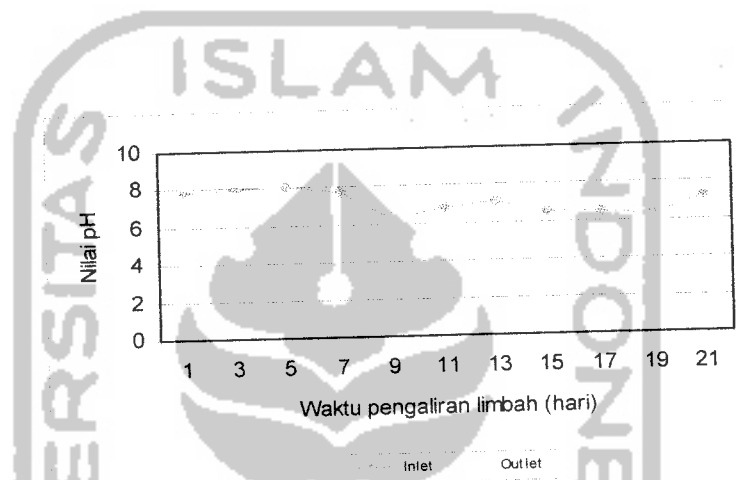
Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu dengan menggunakan reaktor *Fluidized Bed* bermedia *styrofoam* saat *start up* pada kondisi anaerobik dengan parameter yang diukur adalah TSS didapatkan efisiensi penurunan sebesar 60,6% (Nely, 2007). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan pada saat *start up* dengan kondisi aerobik pada reaktor *Fluidized Bed*, efisiensi penurunan yang diperoleh sebesar 40,76%, hal ini menunjukkan bahwa reaktor masih belum efektif apabila dijalankan pada kondisi tersebut. Sedangkan menurut Keputusan KepMenLH 112/2003 tentang pedoman penetapan Baku Mutu Limbah Domestik, menyatakan bahwa parameter TSS batas maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 100 mg/l. Dari parameter TSS ini dapat dilihat bahwa reaktor belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini didasarkan dengan melihat rata-rata pada outlet.

4.3 pH

Pengukuran pH dilakukan setiap pengambilan sampel selama 21 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*.

Hasil perolehan data dari pengukuran nilai pH dapat juga dilihat pada Gambar

4.3



Gambar 4.3 Nilai pH Inlet dan Outlet

Dari hasil pengukuran didapat nilai pH yang berkisar antara 5.5-8.21. Terjadi perubahan nilai pH pada setiap harinya. Efisiensi rata-rata penurunan nilai pH sebesar 9,15 %. Rata-rata nilai pH pada titik inlet sebesar 7,1 dan untuk titik outlet sebesar 6,45. Pada pengukuran pH terdapat perbedaan penurunan yang signifikan, yang dibuktikan dengan uji statistik. Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *t-test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan *t* tabel (*t critical*) dengan *t* hitung (*t stat*) yaitu :

$$- 2,086 < 4,39 > 2,086, \text{ maka } H_0 \text{ ditolak dan } H_a \text{ diterima.}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) dapat disimpulkan bahwa $t_{hitung} > t_{table}$ sehingga H_0 ditolak, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS pada inlet dan outlet. pH inlet tidak sama dengan pH outlet.

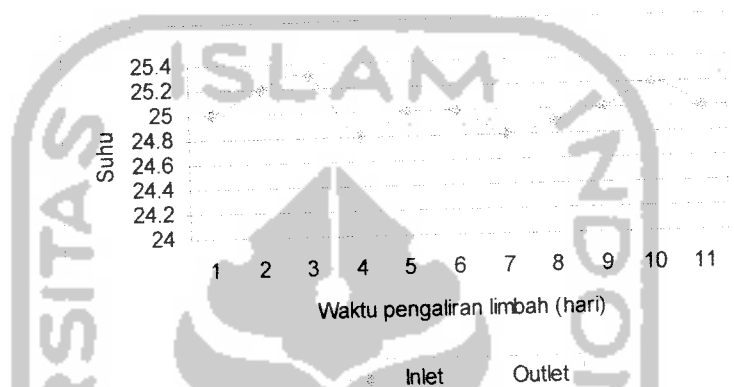
pH (derajat keasaman) menunjukkan kadar asam atau basa dalam larutan melalui konsentrasi ion hidrogen H^+ (Alaerts & Santika, 1987). Adanya perubahan ion hidrogen dalam air akan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme, terutama bakteri. pH merupakan indikator penting dalam peningkatan efisiensi proses pengolahan secara biologis. Dalam penelitian ini nilai pH akan mempengaruhi kondisi reaktor. Terjadi perubahan nilai pH setiap harinya. Dari data pengukuran pH diketahui perubahan pH yang signifikan. Keadaan limbah dalam reaktor relatif asam hal ini menunjukkan bahwa kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah rendah.

Pada umumnya bakteri tidak dapat bertahan pada $pH > 9$ atau $pH < 4,0$, sedangkan pH optimum umumnya berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Benefield, 1980). pH optimum yang diharapkan pada reaktor fluidized bed berkisar antara 7-9 (Yudiansyah, 1998). Kondisi pH dapat mempengaruhi kinerja bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah.

4.4 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap pengambilan sampel selama 21 hari. Titik Sampling yang diukur yaitu inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed*.

Hasil perolehan data dari pengukuran suhu dapat juga dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengukuran Suhu Inlet dan Outlet

Dari hasil pengukuran pada inlet dan outlet diketahui suhu reaktor yang berkisar antara 24,5-25,2°C . Efisiensi rata-rata perubahan sebesar 0,98 %. Rata-rata suhu pada titik inlet sebesar 25,02°C dan untuk titik outlet sebesar 24,77°C. Pada pengukuran suhu terdapat perbedaan penurunan yang signifikan, yang dibuktikan dengan uji statistik. Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *t-test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan *t* tabel (*t critical*) dengan *t* hitung (*t stat*) yaitu :

$$- 2,086 < 3,7893 > 2,7893, \text{ maka } H_0 \text{ ditolak dan } H_a \text{ diterima.}$$

Dari perhitungan yang dilakukan (dapat dilihat pada lampiran) dapat disimpulkan bahwa *t* hitung > *t* table sehingga *H*₀ ditolak maka terdapat perbedaan yang signifikan

antara konsentrasi suhu pada inlet dan outlet. Suhu pada inlet tidak sama dengan outlet.

Temperatur atau suhu merupakan salah satu faktor yang penting didalam kehidupan. Beberapa jenis mikroorganisme dapat hidup pada daerah suhu yang luas sedang jenis yang lainnya terbatas. Pada umumnya batas daerah temperatur bagi kehidupan mikroorganisme terletak diantara 0°C dan 90°C , sehingga untuk masing-masing mikroorganisme dikenal nilai temperatur minimum, optimum dan maksimum (Suriawiria, 1993). Temperatur minimum suatu jenis mikroorganisme ialah nilai paling rendah dimana kegiatan mikroorganisme masih berlangsung. Temperatur optimum adalah nilai yang paling sesuai untuk kehidupan mikroorganisme. Temperatur maksimum adalah nilai tertinggi yang masih dapat digunakan untuk aktifitas mikroorganisme, tetapi pada tingkatan kegiatan fisiologi yang paling minimal.

Perubahan suhu berpengaruh terhadap kondisi reaktor. Pertumbuhan mikroorganisme akan berjalan dengan baik apabila berada dalam suhu yang sesuai. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu yang disukai bagi pertumbuhannya.

Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Oksigen yang terarut dalam air berasal dari udara yang secara lambat terdifusi

kedalam air. Makin tinggi kenaikan suhu air makin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya.

Dari hasil pemantauan suhu dalam reaktor *Fluidized bed* bermedia *styrofoam* ini maka keadaan suhu masih cukup baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dapat dilihat dari kisaran suhu 24,77-25,2 °C masih memenuhi suhu 20 – 45°C.

