

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Penelitian Secara Umum

Penelitian dengan menggunakan reaktor *fluidized bed*, dengan media *styrofoam* didalamnya, dilakukan untuk mengamati perubahan konsentrasi COD dan jumlah *E.Coli* setelah melewati reaktor dengan aliran keatas (*up plow*). Sebelum penelitian berjalan, dilakukan penentuan dan pemilihan media serta pendesainan alat. Media yang digunakan adalah *styrofoam* dengan diameter yang sama. Media akan mengalami pertumbuhan lapisan *biofilm*. Penelitian dilakukan saat *start up* yaitu saat awal reaktor dialiri limbah dan tahap awal pertumbuhan bakteri.

Pengujian sampel dilakukan dalam jangka waktu 30 hari serta mengamati suhu dan pH. Aliran reaktor beajalan secara kontinyu, dengan mengalirkan limbah yang berasal dari septic tank. Tekanan diatur agar dapat mengalirkan limbah secara *up plow*. Sampel air limbah diambil pada inlet dan outlet untuk diuji konsentrasi COD dan *E.Coli*. Hasil penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium .

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel bertempat di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Air Limbah diambil pada bagian *septic tank* yang terletak disebelah timur kampus FTSP.

Proses berjalannya reaktor/pengolahan limbah dengan reaktor dilakukan di laboratorium Rancang Bangun Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

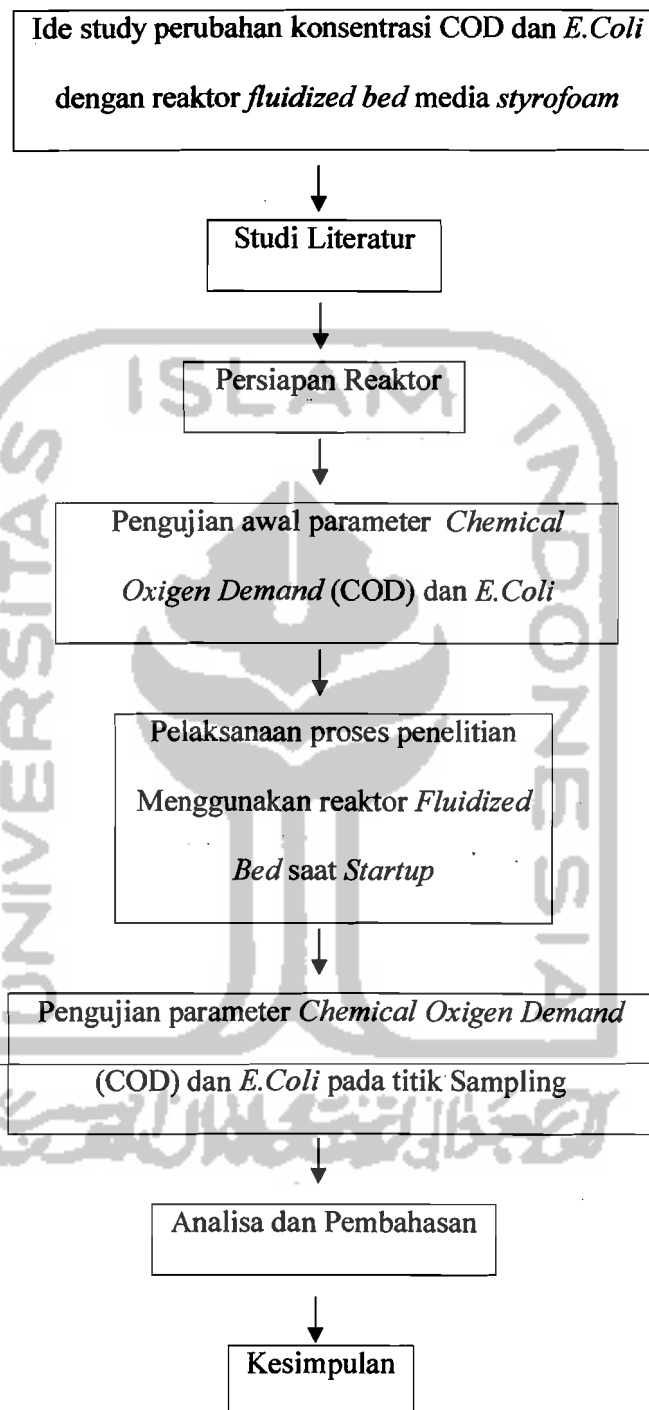
Analisa sampel untuk parameter COD dan *E.Coli* dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.3 Obyek Penelitian

Sebagai Obyek penelitian adalah konsentrasi COD dan E.Coli, serta juga mengamati suhu dan pH pada limbah domestik yang berupa limbah dari *septic tank*. Limbah domestic pada *septic tank* ini digunakan karena konsentrasi bahan organik dan mikroorganisme yang masih tinggi dan masih diatas standar baku mutu. Limbah diambil setiap 2-3 hari sekali sampai selama 30 hari. Digunakan media *styrofoam* sebagai media pertumbuhan lapisan *biofilm* yang diamati pada saat *start up*

3.4 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian menunjukkan rangkaian proses penelitian, mulai dari menemukan ide penelitian sampai pada analisa, pembahasan dan kesimpulan. Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian yaitu pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

- Konsentrasi debit yang digunakan
- Waktu detensi

2. Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)

Parameter yang diteliti adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli* pada air limbah *septictank* yang berasal dari kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan, proses penumbuhan bakteri, pelaksanaan penelitian dan proses pemeriksaan sampling

3.6.1 Persiapan Alat

Pada penelitian ini digunakan reaktor *fluidized bed* terbuat dari plastik. Dibuat dalam skala laboratorium.. Waktu detensi ditentukan sebesar 18 jam. Tekanan diusahakan agar dapat menghasilkan aliran secara *uplow*. Didalamnya terdapat media *styrofoam* yang dibatasi dengan 2 sekat. Media *styrofoam* berdiameter 0,5 cm sebanyak 15 % dari ketinggian dalam satu sekat. Media dihalang dengan sekat agar tidak terbawa dalam aliran. Media *styrofoam* dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Media *Styrofoam*

Merangkai reaktor *fluidized bed* dengan reservoir, yang dihubungkan melalui sebuah pipa yang dilengkapi dengan kran pengatur debit. Sebelum air ke reservoir, juga terdapat penampungan air sementara sebagai tempat persediaan limbah yang dipompa menuju reservoir. Dibuat kran inlet dan outlet untuk proses sampling. Sebelum reaktor dibuat dan dirangkaikan, terlebih dahulu dibuat suatu desain reaktor seperti dibawah ini

➤ **Kriteria Desain**

- Diameter = 75 cm = 0,75 m
- Tinggi (H) = 3 – 6 m
- Td = <1 hari

➤ **Direncanakan**

- Ukuran media = 5 mm (styrofoam)
- Diameter Reaktor = 75 cm → 25 cm = 10 inci (skala lab)
- Tinggi Reaktor (H) = 300 cm → 100 cm = 1 m (skala lab)
- Td = 18 jam
- Diameter pipa (d) = 1 inci = 2,54 cm = 0,0254 m
- c = 120

➤ **Perhitungan**

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi (r)^2 \cdot t + 1/3 \pi (r)^2 \cdot t \\ &= (\pi (0,125)^2 \cdot 0,9) + (1/3 \pi (0,125)^2 \cdot 0,1) \\ &= 0,046 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= V/Td \\ &= 0,046 \text{ m}^3 / 18 \text{ jam} \\ &= 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{jam} = 2,56 \text{ l/jam} \\ &= 61,3 \text{ l/hari} \end{aligned}$$

$v_1 = v_2 = 0$ karena fluida dalam keadaan diam

$$v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 = v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{\text{loss}}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{loss}} &= \frac{Q^{1,85} \cdot L}{(0,2785 \cdot c \cdot d^{2,63})^{1,85}} \\ &= \frac{(7,11 \cdot 10^{-7})^{1,85} \cdot 2,45}{(0,2785 \cdot 120 \cdot 0,0254^{2,63})^{1,85}} \\ &= 1,78 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

$$z_1 = 220 \text{ cm} = 2,3 \text{ m}$$

$$z_2 = 125 \text{ cm} = 1,25 \text{ m}$$

$$P_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

$$= 1 \cdot 10^5 + 9,81 \cdot 1000 \cdot 1,25$$

$$= 1,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

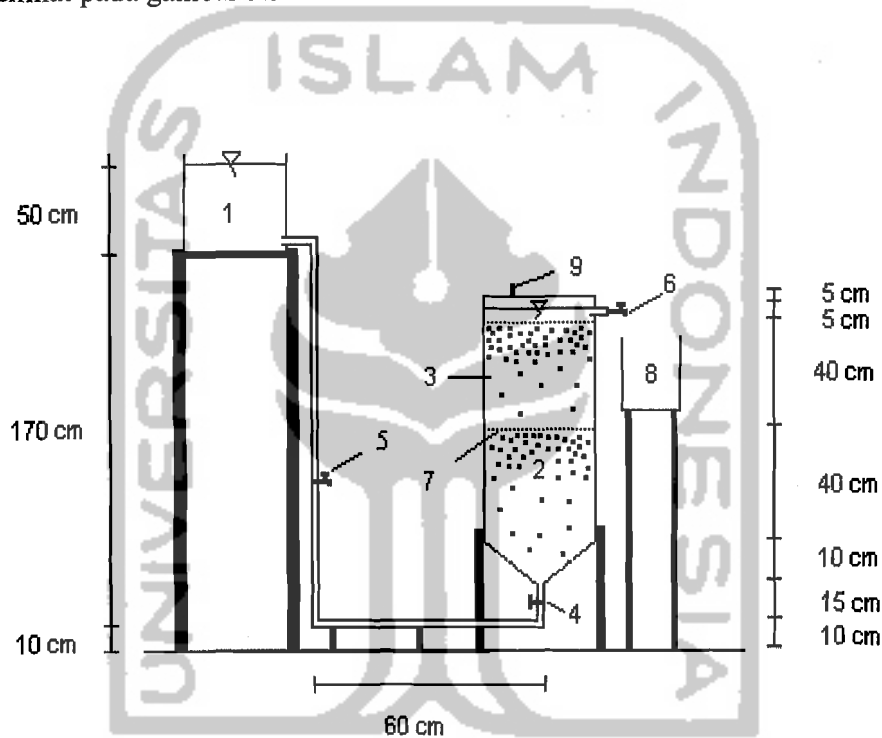
$$v_1^2 / 2g + P_1 / \rho g + z_1 = v_2^2 / 2g + P_2 / \rho g + z_2 + H_{loss}$$

$$0 + 1 \cdot 10^5 / 9810 + 2,3 = 0 + 1,1 \cdot 10^5 / 9810 + 1,25 + 1,78 \cdot 10^{-5}$$

$$12,5 = 12,5$$

Sehingga air dapat mengalir karena memiliki energi yang sama

Gambar desain reaktor dari hasil perhitungan dan perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Reaktor *Fluidized Bed* bermedia styrofoam

Keterangan:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Reservoir | 6. Titik Sampling 2 |
| 2. Fluidized Bed Reactor | 7. Plate Distribusi |
| 3. Media Styrofoam θ 50 mm | 8. Bak Penampung |
| 4. Gate Valve | 9. Pipa Vent |
| 5. Titik Sampling 1 | |

Setelah dibuat desain dan perhitungan terhadap energi yang digunakan, maka dibuat suatu rangkaian alat. Sebagai berikut:

1. Sebuah prototype yang berbentuk tabung dari bahan plastic yang tidak bisa dilihat secara langsung dari luar. Pada bagian dinding reactor terdapat bagian transparansi untuk melihat ke dalam reactor. Reaktor Diberi tutup karena diharapkan sebgaiian besar dalam keadaan anaerobic. Ukuran reaktor yaitu diameter 25 cm dan tinggi 100cm. Bagian bawah reactor terdapat kran pengatur debit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Rektor *Fluidized Bed*

2. Satu buah drum plastik tempat menampung air limbah dari *septic tank* dengan volume 250 liter. Limbah dalam drum ini dipompakan ke reservoir apabila air di reservoir telah berkurang.

3. Satu buah drum plastik sebagai reservoir dengan volume 150 liter. Terdapat pipa penyaluran air menuju reaktor. Diantara reaktor dan reservoir terdapat kran inlet.
4. Satu buah ember tempat menampung air limbah yang telah melewati reaktor *fluidized bed*.

Rangkaian keseluruhan reaktor, reservoir dan bak penampungan dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Rangkaian Reaktor *Fluidized Bed*

3.6.2 Proses Starter Bakteri

Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah domestic yang menumbuhkan bakteri, terlebih dahulu dilakukan starter bakteri untuk memberikan tambahan awal bakteri dari luar. Sehingga memacu proses pembentukan lapisan *biofilm* pada media pertumbuhan yaitu *Styrofoam*. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air *septictank* yang telah diberikan tambahan bakteri EM₄ dari reservoir kedalam reaktor.

3.6.3 Pelaksanaan Penelitian

Setelah semua alat dan bahan telah disiapkan, dan telah terpasang serta tidak lagi terdapat kebocoran maka selanjutnya dapat melaksanakan penelitian.

- Limbah yang berasal dari *septic tank* diambil dengan pompa dan dimasukkan ke dalam jerigen.
- Air limbah domestik yang berasal dari *septic tank*, dimasukkan ke dalam bak penampung. Biasanya setiap 2 hari persediaan limbah habis dan diambil tambahan limbah baru dari *septic tank*.
- Memompa limbah dari bak penampung ke reservoir yang ketinggiannya diatur sesuai dengan tekanan yang diharapkan. Tekanan pada reservoir akan menyebabkan aliran *up flow* pada reaktor.
- Memeriksa kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli* sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 2,55 l/jam dan waktu detensi (td) 18 jam.
- Mengambil sampel limbah untuk diperiksa kadar dari parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.coli*, serta mengukur suhu dan pH yaitu pada inlet dan outlet reaktor.

3.6.4 Proses *Sampling*

- Proses ini dilakukan dari hari pertama setelah *starter* bakteri sampai 30 hari yang merupakan keadaan *start up*.
- Sebelumnya dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter COD dan *E.coli*.
- Selama 30 hari setiap 2 hari sekali dilakukan *sampling* dan pemeriksaan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), setiap 3 hari sekali pemeriksaan jumlah bakteri *E Coli*, dan setiap hari dilakukan pengukuran suhu dan pH.
- Sample diambil pada 2 titik, yaitu pada inlet (kran setelah reservoir) dan outlet (kran bagian atas reaktor).

Titik *sampling* yang diambil yaitu pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7 berikut ini



Gambar 3.6 Inlet Reaktor

Fluidized Bed



Gambar 3.7 Outlet Reaktor

Fluidized Bed

3.6.5 Pemeriksaan Sampel

Sample dari Inlet dan outlet reaktor *Fluidized bed* diperiksa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Metode yang digunakan untuk tiap parameter yang diperiksa antara lain adalah:

1. Pemeriksaan Konsentrasi COD

Metode Uji yang digunakan yaitu metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004

KOK (*Chemical Oxygen Demand* = COD) adalah jumlah oksigen $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Metode uji kebutuhan kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri merupakan metode yang digunakan untuk pengujian oksigen kimiawi dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Pada contoh uji dengan nilai

KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. (SNI, 2004).

Pengujian sampel COD dengan mengikuti cara kerja yang telah ditentukan yaitu diawali dengan membilas tabung refluks dengan H_2SO_4 20 %. Tabung refluks dimasukkan 2,5 ml sampel. Ditambahkan 1,5 mL $K_2Cr_2O_7$ (konsentrasi tinggi). Selanjutnya ditambahkan 3,5 mL Ag_2SO_4 sehingga terjadi perubahan warna pada limbah kuning/hijau. Selama 2 jam dipanaskan dalam Thermoreaktor suhu $148^{\circ}C$. Kemudian konsentrasi COD diukur secara spektrofotometri.

Pengujian dengan refluks tertutup secara spektrofotometri dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9



Gambar 3.8 Pemanasan Tabung Refluks Tertutup



Gambar 3.9 Spektrofotometer

2. Pemeriksaan Jumlah E.Coli

Untuk *E.Coli* menggunakan standar uji *American Public Health Association* (APHA) 9221-B Ed. 20-1998 .

Sebelum melakukan uji laboratorium untuk analisa *E.Coli*, maka perlu disiapkan media yang dibutuhkan untuk pengujian tersebut. Untuk tes perkiraan bahan yang dibutuhkan adalah laktose tunggal 13,9 gr yang di

tambah aquades 1000 ml, laktose ganda 9.75 gr yang di tambah aquades 250 ml. Setelah semua media di masukkan ketabung reaksi, maka media tersebut disterilkan dengan Autoclav dengan suhu 120 ° C selama \pm 2 jam.

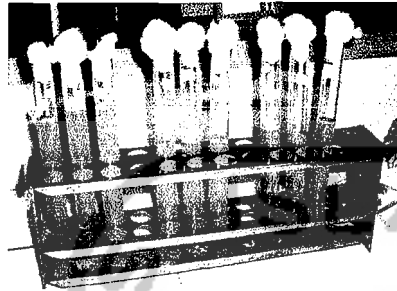


Gambar 3.10 Autoclav

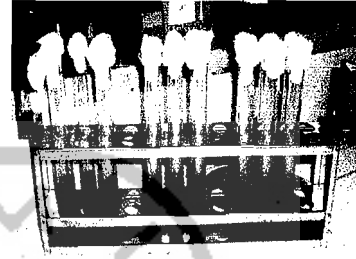
Metode yang digunakan untuk analisis laboratorium adalah metode MPN 3-3-3 yang merupakan uji deretan tabung yang menyuburkan pertumbuhan *coliform* sehingga memperoleh nilai untuk menduga jumlah *coliform* dalam sampel yang diuji. Adapun metode 3-3-3 maksudnya adalah 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal. Media laktosa dapat dilihat pada Gambar 3.11.

Selanjutnya 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda diinkubasikan dengan 10 ml sampel limbah, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 1 ml sampel air dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 0.1 ml sampel air. Alat inkubator dan media yang diinkubasi dapat dilihat pada

Gambar 3.13 dan 3.14. Kemudian setelah semua semua sampel dimasukkan, lalu semua tabung reaksi diinkubasikan selama ± 2 hari dengan suhu 37°C .



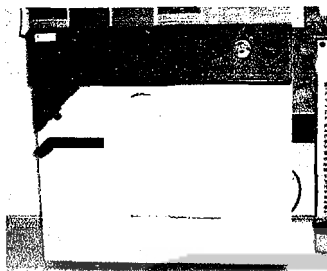
Gambar 3.11 Media Laktosa



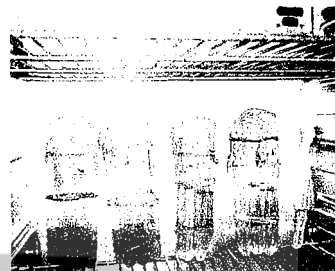
Gambar 3.12 Media BGLB

Setelah masa inkubasi 2 x 24 jam atau 48 jam dengan suhu 37°C , kemudian media dikeluarkan lalu di catat hasil tes perkiraannya. Hasil tes perkiraan/uji duga bisa dilanjutkan apabila tabung reaksi menghasilkan gas dalam masa inkubasi diduga mengandung bakteri *coliform*. Uji dinyatakan positif, bila terlihat gas dalam tabung Durham. Tabung yang memperlihatkan pembentukan gas diuji lebih lanjut dengan uji penetapan. Tes penetapan dilakukan untuk memastikan bahwa gas yang terbentuk disebabkan oleh kuman *coliform* dan bukan disebabkan oleh kerja sama berupa spesies sehingga menghasilkan gas. Adapun media yang digunakan pada tes penetapan adalah *Briliant Green Lactose Broth* (BGLB). Dari masing-masing tabung yang memperlihatkan hasil positif, dipindahkan sedikit suspensi bakteri dengan jarum ose pada tabung reaksi berisi BGLB steril. Kemudian disimpan selama 48 jam dengan suhu 37°C . Setelah 48 jam masing-masing tabung diperiksa untuk mengetahui uji positif pertumbuhan bakteri golongan

coliform atau tidak. Kemudian tetapkan JPT/MPN *E.Coli* dan *Fecal Coli* dalam 100 ml sampel air berdasarkan tabel MPN.



Gambar 3.13 Inkubator



Gambar 3.14 Media Dalam Inkubator

3. Pengukuran Suhu dan pH

Dalam penelitian ini juga diukur Suhu dan pH pada inlet dan outlet reaktor. Nilai pH dan Suhu diamati setiap harinya dengan menggunakan pH meter.

3.7 Analisa Data

Setelah dilakukan pemeriksaan parameter maka untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *E.Coli* maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar COD dan *E.Coli* sebelum *treatment*

C₂ = Kadar COD dan *E.Coli* sesudah *treatment*

Setelah itu, data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik. Apabila data tergolong analisis lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata-rata maka digunakan *analysis of Variance* (anova). Bila hanya terdapat dua rata-rata sampel maka digunakan dua jenis distribusi, yaitu distribusi-Z dan distribusi-t. Bila $n > 30$ dan α diketahui, maka digunakan distribusi-Z, dan bila tidak terpenuhi digunakan distribusi-t. Dalam uji hipotesis ini diperlukan anggapan bahwa data berdistribusi normal. Dari data penelitian yang didapat, dimana terdapat dua rata-rata sampel dan $n < 30$ maka digunakan distribusi-t yaitu menggunakan Analisa Data Perbandingan Dua Variabel Bebas (Uji t / *t-test*).

Tujuan Uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah dua variabel tersebut sama atau berbeda, guna menguji signifikansi hasil penelitian keadaan variabel. Uji signifikansi dilihat dari dua rata-rata sampel. Rumus Uji t dua variabel sebagai berikut:

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

Keterangan:

- r = Nilai Korelasi X_1 Dan X_2
- n = Jumlah sampel
- \bar{x}_1 = Rata-rata Sampel ke-1
- \bar{x}_2 = Rata-rata Sampel ke-2
- s_1 = Standar Deviasi sampel ke-1
- s_2 = Standar Deviasi sampel ke-2
- S_1 = Varians sampel ke-1
- S_2 = Varians sampel ke-2

Langkah-langkah *t-test* Untuk Analisa Sampel

Langkah 1 : Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi sampel pada inlet dan outlet

H_o : Tidak Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi sampel pada inlet dan outlet

Langkah 2 : Membuat H_a dan H_o model statistik

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \quad H_o : \mu_1 = \mu_2$$

Langkah 3 : Mencari rata-rata (\bar{X}_r); standar deviasi (s); varians (S) dan korelasi (r)

Langkah 4 : Mencari t hitung

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)^2}}$$

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)
- $dk = n_1 + n_2 - 2$, Sehingga diperoleh t tabel
- Kriteria pengujian dua pihak

Jika : $-t_{\text{tabel}} \leq t_{\text{hitung}} \leq +t_{\text{tabel}}$, maka H_o diterima dan H_a ditolak.

Jika tidak dalam wilayah penerimaan tersebut maka H_o ditolak dan H_a diterima.

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

Langkah 7 : Kesimpulan

Kesimpulan terakhir dari suatu uji hipotesis adalah apakah hipotesis diterima atau ditolak yang tergantung dari wilayah penerimaan.