

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian adalah kolam stabilisasi fakultatif IPAL Sewon Bantul dengan waktu penelitian selama 6 (enam) bulan. Data pengendalian kualitas air limbah periode bulan Juli 2010 sampai bulan Desember 2011 yang diperoleh dari Balai IPAL Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan ESDM Pemda Istimewa Yogyakarta. Data observasi untuk validasi model diukur selama 1 (satu) hari dengan periode waktu setiap 2 (dua) jam dari jam 08.00 – 16.00 diukur pada tanggal 28 Desember 2010 dan diulang pada tanggal 15 Pebruari 2012 untuk mengetahui beban limbah organik apakah sudah memenuhi baku mutu. Data pembanding adalah data pengendalian kualitas air limbah IPAL Bojongsoang Bandung selama 6 (enam) bulan (Juli – Desember 2011) diperoleh dari divisi limbah air kotor PDAM Bandung.

B. Desain Penelitian

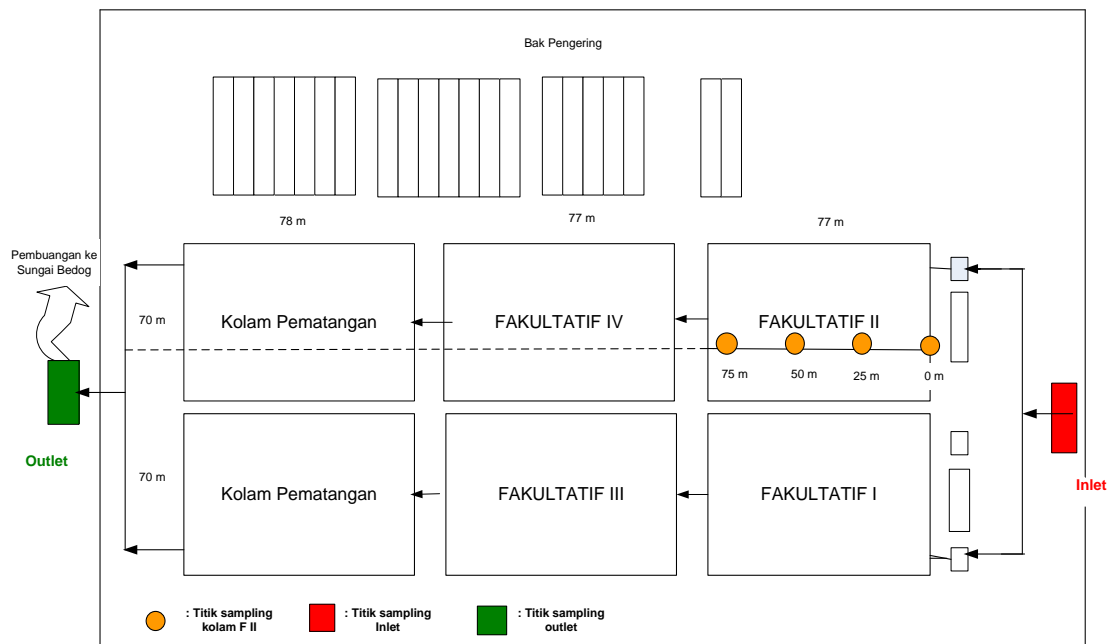
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental berjenis penelitian *ex post facto*. Penelitian *ex post facto* adalah penyelidikan secara empiris yang sistematis dimana peneliti tidak mempunyai kontrol langsung terhadap variabel bebas (*independent variables*) karena manifestasi fenomena telah terjadi atau karena fenomena sukar dimanipulasikan. Inferensi tentang hubungan antar variabel dibuat tanpa intervensi langsung, tetapi dari variasi yang seiring (*concomitant variation*) dari variabel bebas dengan variabel tak bebas (*dependent variables*) (Nasir, M, 1983; Kerlinger, 1986).

Variabel-variabel diformulasikan dalam bentuk persamaan matematika yang diturunkan dari suatu teori. Bersama dengan penugasan nilai numerik untuk parameter-parameter model yang dihubungkan dengan data observasi di lapangan dan masukan eksternal atau *forcing function* terhadap kondisi variabel suatu sistem.

C. Sampel

Dalam penelitian ini sampel adalah air limbah domestik pada IPAL Sewon Bantul Yogyakarta pada inlet, outlet dan kolam fakultatif II IPAL Sewon.

Proses pengolahan air limbah IPAL Sewon Bantul menggunakan proses biologi pada kolam fakultatif dan proses pematangan pada kolam pematangan dimaksudkan untuk membunuh mikroorganismenya. Sistem pengolahannya dibuat paralel dua deret, masing-masing terdapat 2 (dua) buah kolam fakultatif dan 1 (satu) buah kolam serta titik sampling disajikan seperti pada Gambar 31 berikut ini.



Gambar 31. Tata Letak Kolam Stabilisasi dan Titik Sampling

Kolam fakultatif terhubung secara seri yang dalam perencanaannya mempunyai waktu penyimpanan selama 5,5 hari dan waktu tinggal hitung 4,27 hari dan volume efektif untuk model adalah $(77 \times 70 \times 4) + (78 \times 70 \times 4) + (1/77 (77 \times 70 \times 4) \times 1 \text{ m}^3 = 43.680 \text{ m}^3$ yang dihitung secara seri yang ditunjukkan seperti pada Gambar 31, sedangkan besarnya debit rerata harian untuk masing-masing bulan tidak sama, sehingga waktu tinggalnya menjadi tidak sama yang berpengaruh terhadap laju degradasi bahan organik.

D. Variabel Penelitian

Untuk menentukan variabel, baik untuk variabel independen maupun variabel dependen terhadap permodelan lingkungan untuk model steady state dan model dinamik kualitas air limbah pada kolam stabilisasi diuraikan sebagai berikut.

- Variabel bebas (*independent variable*) : waktu (t), panjang kolam (x)
- Variabel terikat (*dependent variable*) : Bakteri biomassa, Alga, Zooplankton, *Organik Matter*, Detritus, NH_3 , Organik Nitrogen, Organik Phospor, *Soluble Phospor*, DO, Total *Coliform*, *Faecal Coliforms*, *BOD*.
- *Confounding Variabel* : reaerasi, fotosintesis, laju pertumbuhan sel, laju respirasi, laju mortalitas dan laju sedimentasi serta parameter-parameter model pada Lampiran II.

Matriks definisi operasional dari variabel-variabel, cara pengukuran, skala variabel, satuan dan rentang nilai variabel terukur disajikan pada Tabel 15.

E. Materi Penelitian

Materi penelitian adalah air limbah domestik pada kolam fakultatif, inlet dan outlet IPAL Sewon Bantul.

F. Teknik Pengumpulan Data

F. 1. Data Primer dan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data pengukuran fisika, kimia dan biologi air limbah di inlet dan outlet kolam stabilisasi fakultatif untuk digunakan untuk validasi data. Data primer yang tidak bisa diukur di tempat, dilanjutkan dianalisis di laboratorium Balai IPAL DPU Perumahan dan ESDM Pemda Istimewa Yogyakarta dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular Yogyakarta serta Laboratorium Organik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

Tabel 15
Matriks Definisi Operasional Variabel

No.	Variabel	Cara pengukuran/ pengumpulan data	Skala variabel	Satuan variabel	Rentang nilai variabel
1.	Fisika :				
	1. Suhu	Termometer	Rasio	°C	25 – 32
	2. Kecerahan	Sechi disk	Rasio	m	0 – 2
II	Kimia :				
	1. pH	pH meter	Rasio	-	6 – 9
	2. DO	Titrimetri winkler	Rasio	mg/l	3,8 – 6,7
	3. BOD ₅	Titrimetri	Rasio	mg/l	110 – 400
	4. COD	Spektrofotometrik	Rasio	mg/l	250 – 1000
	5. N-NO ₃	Spektrofotometrik	Rasio	mg/l	0,02 - 9,04
	6. N-NO ₂	Spektrofotometrik	Rasio	mg/l	0,0067 - 0,0821
	7. Phospor	Spektrofotometrik	Rasio	mg/l	1 - 5
	8. Amoniak	Spektrofotometrik	Rasio	mg/l	12 - 50
III	Biologi :				
	1. Fitoplankton	Plankton net	Rasio	Total individu	15 - 35
	2. Zooplankton	Plankton net	Rasio	Total individu	0 – 10
IV.	Mikrobiologi :				
	1. <i>Fecal Coliform</i>	Metode MPN	Rasio	CFU/ ml	94.10 ⁴ - 160.10 ¹¹
	2. <i>Total coliform</i>	Metode MPN	Rasio	Jumlah/100 ml	240.10 ² - 160.10 ¹⁰

Data sekunder diperoleh dari telaah pustaka dari berbagai sumber seperti hasil-hasil penelitian terdahulu, studi pustaka, laporan penelitian, jurnal serta dokumen dari berbagai instansi seperti data pengendalian kualitas air limbah dari IPAL Bojongsoang selama 6 bulan (Juli 2011 – Desember 2011) untuk validasi data dan pembandingan hasil permodelan.

Adapun data yang dikumpulkan dari hasil pengendalian kualitas air limbah berupa data harian : debit (m³/hari) dan pH, Suhu (°C), COD (mg/liter), BOD (mg/liter), DO (mg/liter) pada inlet dan outlet kolam. Data pengukuran pada penelitian awal dilaksanakan pada 28 Desember 2010 untuk mengetahui kondisi di lapangan dan selanjutnya dilakukan pengukuran lanjutan pada 2 Pebruari 2012. Untuk simulasi model dan validasi data meliputi

suhu, pH, BOD, COD, DO, fosfor, nitrat, nitrit, $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/liter), *fecal coliform* (ml) dan total *coliform* (jumlah/100 ml) serta phytoplankton (jumlah total individu). Sampel pada kolam diukur pada jarak 0 m, 25 m, 50 m, 75 m untuk mengetahui perubahan konsentrasi polutan pada setiap jarak sepanjang kolam dan distribusinya. Nilai konsentrasi pada outlet digunakan sebagai nilai awal (*initial value*) model untuk waktu ke nol dimana beban limbah organik mulai dihitung dalam penyelesaian model. Untuk validasi model dilakukan pengukuran pada setiap 2 (dua) jam sekali selama 1 (satu) hari yaitu pada pukul 08.00, 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 dimaksudkan untuk mengetahui kondisi steady state dan model dinamik pada proses degradasi bahan organik, sehingga dihasilkan nilai konsentrasi yang sebenarnya pada waktu yang sama.

Selain data konsentrasi polutan diperlukan data jumlah wajib retribusi air kotor terhadap rumah tangga, sosial, fasilitas umum, perkantoran dan hotel yang dikelola oleh Dinas Kimpraswil Kota Yogyakarta untuk menentukan beban limbah organik yang masuk IPAL.

F.2. Bahan dan Cara

1. Pengukuran Kualitas Air

a. Temperatur

Alat : termometer

Cara kerja : termometer dicelupkan ke dalam air dan pembacaan skala dilakukan sewaktu termometer masih tercelup dalam air.

b. Derajat Keasaman (pH)

Alat : pH meter

Cara kerja : pH meter dicelupkan ke dalam air, pembacaan skala dilakukan sewaktu pH masih tercelup dalam air.

c. Oksigen terlarut (DO)

Metode : Mikro Winkler

Cara kerja :

- 1) diambil 40 CC air sampel dengan erlenmeyer
- 2) ditambah 8 tetes KOH, elenmeyer digoyang sampai terbentuk gumpalan warna kuning kecoklatan.
- 3) Ditambahkan 0,5 CC H₂SO₄ pekat, pelan-pelan lewat dinding Erlenmeyer, digoyang sehingga endapan coklat terlarut.
- 4) Ditambahkan air sampel sehingga volume menjadi 50 CC dan didiamkan kira-kira 15 menit, sampel dipindahkan erlenmeyer yang lebih besar dan dititrasi dengan Na₂S₂O₃ hingga warna menjadi kuning jerami, volume titran dicatat.

$$DO = \text{titran} \times 0,05 \text{ ppm.}$$

d. Kebutuhan Oksigen Biologi (*Biological Oxygen Demand, BOD₅*)

- 1) Sampel yang bersifat asam atau basa perlu dinetralkan sampai pH $7 \pm 0,1$ dengan menggunakan asam atau basa.
- 2) Sampel diencerkan 30 ml sampai 2 liter blanko (air pengencer) dan 2 sampel (yang telah diencerkan) pada botol BOD₅. B₁ (blanko 1) untuk t = 0 hari dan B₂ untuk t = 5 hari, sedangkan S₁ (sampel 1) dan S₂ untuk t = 5 hari.
- 3) Botol-botol BOD₅ (blanko dan sampel) disimpan dalam incubator (suhu 20⁰C ± 1⁰C) selama 1 jam, kemudian botol dibuka sebentar dan diisi dengan air pengencer sehingga di dalam botol tertutup tidak ada gelembung udara
- 4) Sebagian botol BOD tetap disimpan di inkubator (suhu 20⁰C ± 1⁰C) selama 5 hari
- 5) Ditentukan kadar DO untuk t=0 hari dan t=5 hari, dengan perhitungan :

$$BOD_5 = \frac{(S_0 - S_5) - (B_0 - B_5)(1-P)}{P} \quad \text{mg O}_2/\text{l}$$

Keterangan :

S₀ : DO sampel pada saat t = 0 hari (mg/l)

S₅ : DO sampel pada saat t = 5 hari (mg/l)

B_0 : DO blanko pada saat $t = 0$ hari (mg/l)

B_5 : DO blanko pada saat $t = 5$ hari (mg/l)

P : derajat pengenceran

e. Kebutuhan Oksigen Kimia (*Chemical Oxygen Demand, COD*)

- 1) Diambil 20 ml sampel
- 2) Diambil aquades untuk membuat blanko sebanyak 20 ml
- 3) Ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N sebanyak 10 ml
- 4) Ditambahkan H_2SO_4 pro COD (asam sulfat dan perak sulfat) sebanyak 30 ml (baik untuk sampel maupun blanko), bila tidak hijau dilanjutkan, bila hijau perlu pengenceran karena sampel terlalu pekat
- 5) Ditambahkan Hg SO_4 (merkuri sulfat) berupa bubuk atau Kristal sebanyak 400 mg
- 6) Dimasukkan ke labu didih yang sebelumnya digoyang-goyang dulu agar homogen
- 7) Sampel atau blanko direflaksi selama 2 jam. Bila sampel berwarna hijau dilakukan pengenceran
- 8) Diambil dari refraksi kemudian didinginkan dan dituangkanke dalam Erlenmeyer dan dijadikan 100 ml volumenya dengan ditambah aquades
- 9) Ditambahkan indikator Ferroin sebanyak 2-3 tetes
- 10) Titrasi dengan FAS [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$] sampai terjadi perubahan warna dari hijau kebiruan menjadi coklat kemerahan (merah bata)

$$COD = \frac{(A - B) \times 8000 \times N \text{ FAS}}{20} \quad (\text{mg/l})$$

A : hasil titrasi blanko

B : hasil titrasi sampel

f. Amoniak – Nitrogen

- 1) diambil 25 – 50 ml air sampel dan disaring dengan Whatman no. 42.

- 2) diambil dengan pipet 10 ml air sampel yang telah disaring, masukkan ke dalam gelas piala.
- 3) Sambil diaduk ditambahkan 1 tetes MnSO₄, 0,5 ml *chlorox (oxidizing solution)* dan 0,6 ml phenate. Phenate ditambahkan dengan segera dengan menggunakan pipet tetes yang sudah dikalibrasi. Didiamkan selama ± 15 menit, sampai pembentukan warna stabil (warna akan tetap stabil sampai beberapa jam).
- 4) Membuat larutan blanko dari 10 ml akuades. Dilakukan seperti prosedur 3.
- 5) Membuat larutan standar dari 10 ml larutan standar ammonia (0,30 ppm). Dilakukan seperti prosedur 3.
- 6) Dengan larutan blanko pada panjang gelombang 630 nm, set spektrofotometer pada *absorbance* 0,00 (atau *transmittance* 100%), kemudian dilakukan pengukuran sampel dan larutan standar.
- 7) Menghitung konsentrasi ammonia-N total (TAN) dengan persamaan :

$$[\text{TAN}] = \text{mg/l sebagai N} = \text{ppm NH}_3\text{-N} = \frac{C_{\text{st}} \times A_s}{A_{\text{st}}}$$

C_{st} : konsentrasi larutan standar (0,30 mg/l)

A_{st} : nilai *absorbance (transmittance)* larutan standar

A_s : nilai *absorbance (transmittance)* air sampel

Konsentrasi amia yang terukur tersebut dinyatakan dalam kadar nitrogen (N) yang terdapat dalam amnia (NH₃). Untuk mengetahui konsentrasi ammonia yang dinyatakan dalam mg NH₃/l (=ppm NH₃). Nilai (TAN) dikalikan dengan factor seperti pada persamaan berikut :

$$\text{mg NH}_3/\text{l} = \text{ppm NH}_3\text{-N} \times \frac{\text{BM NH}_3}{\text{BA N}} = \text{ppm NH}_3\text{-N} \times 1,216$$

BM : berat molekul

BA : berat atom

g. Total Phosphorus

Total phosphorus disebut juga Total Phosphate menunjukkan kandungan P (fosfor) baik yang berupa senyawa organik maupun anorganik. Untuk mereduksi P dalam bentuk senyawa organik dilakukan digestion yaitu air sampel diberi asam kuat (H_2SO_4 pekat) dan dipanaskan dengan 'autoclave' selama 30 menit. Air sampel tidak perlu disaring dengan prosedur penentuan sebagai berikut :

- 1) Diambil 25 ml air sampel dengan pipet (tidak disaring)
Tambahkan 1 tetes indikator pp (phenolphthalein), bila berubah jadi merah, ditambahkan satu atau beberapa tetes asam sulfat (3+7) =30%) sampai warna hilang.
- 2) Ditambahkan 4 ml $K_2S_2O_8$ (*Potassium Persulfate*) 5% (dibuat dengan melarutkan 5,00 gr *Potassium Persulfate* dalam 100 ml akuades, aduk dengan *magnetic stirrer* selama ± 2 jam).
- 3) Ditambahkan 0,5 ml H_2SO_4 30% (atau 2 tetes asam sulfat pekat)
- 4) *Erlenmeyer* ditutup dengan *aluminium foil* dan di *autoclave* pada pada 780-1040 mmHg dan $250^{\circ}C$ selama 30 menit. Didinginkan.
- 5) Setelah sampel dingin, ditambahkan 1 tetes pp. kemudian dititrasi dengan NaOH (8 gram per 100 ml akuades) sampai tak berwarna (volume titran tak perlu dicatat). Diukur sampel yang sudah dinetralisasi ini dengan gelas ukur (=A ml).
- 6) Selanjutnya dilakukan seperti pada prosedur penentuan orthophosphate pada 25 ml sampel tersebut.
- 7) Menghitung konsentrasi Total Phosphorus (Total-P) dengan persamaan berikut :

$$\text{Total - P (mg/l)} = [P] \times \frac{A}{25 \text{ ml}}$$

[P] : adalah konsentrasi P dari persamaan regresi atau grafik

(Sumber : Limnologi Metoda Analisa Kualitas Air, Institut Pertanian Bogor Fakultas Perikanan, 1992)

h. Penetrasi Cahaya

Alat : keping Secchi yang berbentuk bulat dengan diameter 20 cm.

Cara kerja :

- 1) Keping itu diberi tali yang mempunyai ukuran, lalu dimasukkan ke badan perairan sampai pada kedalaman dimana keping itu tidak terlihat dari permukaan
- 2) Selanjutnya diukur panjang dari permukaan sampai pada posisi keping tersebut.

i. Fitoplankton

Alat : jaring plankton ukuran mesh 20 μ m dengan cara kerja :

- 1) Sampel diambil dengan menggunakan jaring plankton ukuran mesh 20 μ m hingga diperoleh sebanyak 30 ml dari 30 liter air
- 2) kemudian diawetkan dengan lugol 4%.
- 3) Mengidentifikasi fitoplankton hingga tingkat genus menggunakan mikroskop binokuler dan bilik *Sedgwick Rafter counting cell*.
- 4) Acuan identifikasi dengan menggunakan buku : "*Illustrations of the Marine Plankton in Japan*" dan "*Identifying Marine Phytoplankton*" .

j. Bakteri

Menggunakan metode tiga tabung pengenceran (p1,p2, dan p3) dengan masing-masing pengenceran 3 ulangan

- 1) Sampel air diambil sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam media yang telah disterilisasi yang dibuat beberapa seri pengenceran yaitu p1, p2 dan p3. Untuk setiap pengenceran digunakan 3 seri tabung.
- 2) Pengenceran harus dilakukan sedemikian rupa sehingga beberapa tabung yang berisi medium cair yang di inokulasikan dengan larutan hasil pengenceran tersebut mengandung satu sel mikroba, sedangkan tabung lainnya tidak mengandung sel.
- 3) Setelah diinkubasi, diharapkan pada beberapa tabung terjadi pertumbuhan (positif), sedangkan tabung lainnya negatif.

- 4) Menghitung MPN organisme dalam contoh sampel, dicatat jumlah tabung positif pada setiap pengenceran.
- 5) Kemudian jumlah tabung positif dari masing-masing pengenceran (p_1 , p_2 dan p_3) di cocokkan dengan angka pada Tabel *Mc Crady* metode 3 tabung; diperoleh nilai tabel. Nilai yang didapat ini dikalikan dengan faktor pengenceran pada tabung dengan pengenceran yang paling rendah untuk mendapatkan kelimpahan MPN.

G. Alur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian disajikan pada Gambar 32.

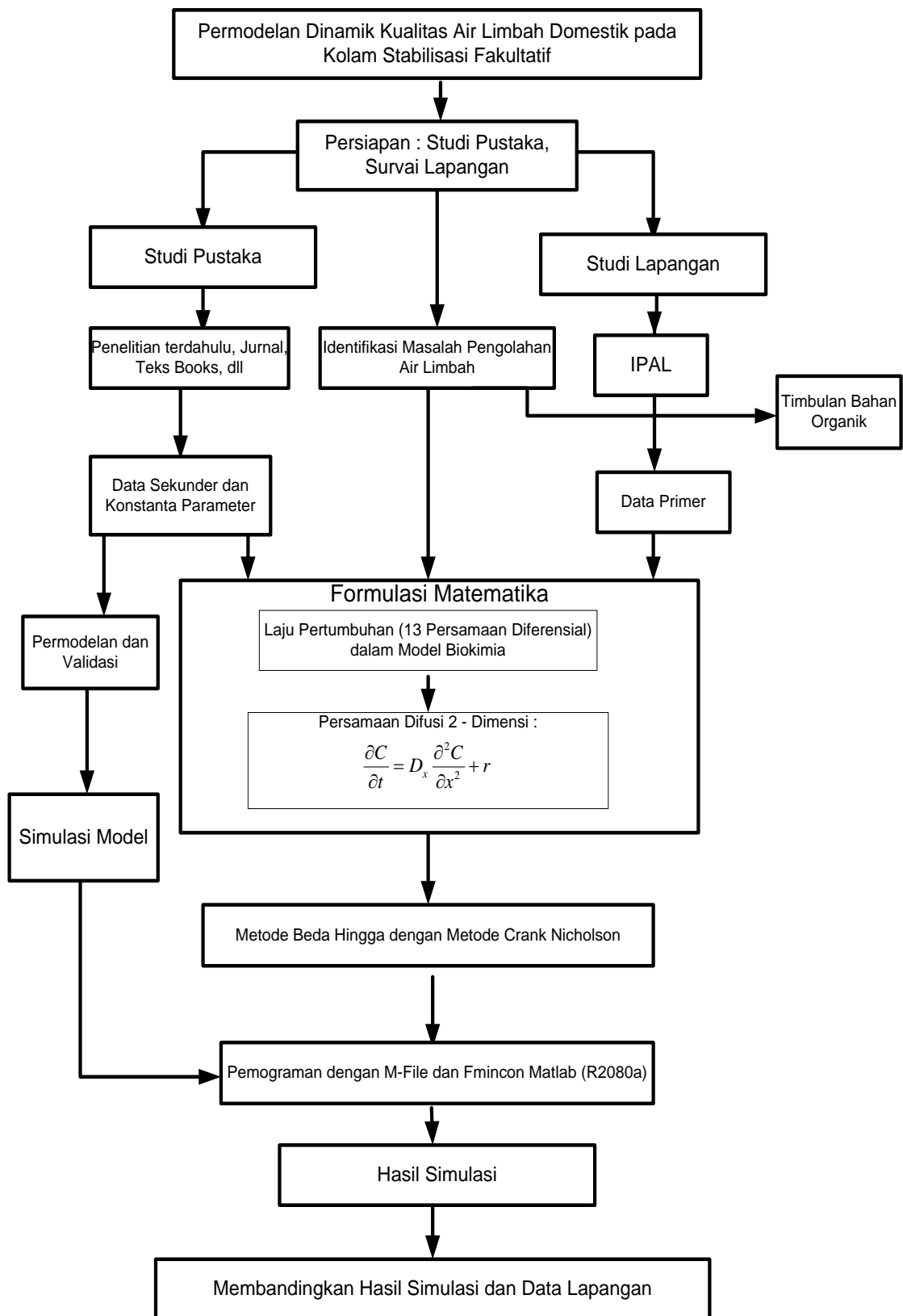
H. Pengolahan dan Analisis Data

H.1. Pengolahan Data

Hasil pengukuran diperoleh melalui pengambilan sampel air limbah IPAL baik yang diukur langsung maupun yang di analisis di Laboratorium seperti kadar pH, suhu, COD, BOD, DO, bakteri dan alga, sedangkan data pengendalian kualitas air limbah selama 1,5 tahun (Juli 2010– Desember 2011) yang digunakan untuk mengetahui kondisi IPAL Sewon. Data ditabulasi dan kemudian digunakan sebagai dasar untuk menghitung waktu tinggal air limbah dan laju degradasi bahan organik. Untuk pembandingan kondisi pada unit pengolahan air limbah berasal dari IPAL Bojongsoang Bandung yang kemudian digunakan untuk simulasi dan validasi model.

H.2. Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk dapat diketahui pola atau *trend* dengan membuat grafik terhadap waktu yang diikuti dengan *fitting curve* dengan menggunakan metode *least square* pada variabel sebagai indikator baku mutu air limbah domestik yang hasilnya dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditentukan.



Gambar 32. Diagram Alur Langkah-langkah Penelitian

Pada permodelan dinamik analisis data dilakukan terhadap serangkaian tahapan sebagai berikut :

1) Formulasi Model

Dari hasil analisis data dan berdasarkan kajian teoritis disusunlah model dinamik kualitas air limbah yang diilustrasikan sebagai proses biokimia dan selanjutnya diturunkan menjadi persamaan laju perubahan/pertumbuhan dari variabel-variabel yang membentuk persamaan *mass balance* dalam sistem persamaan diferensial non linier simultan.

Dalam penyusunan model ini digunakan asumsi-asumsi dan batasan sebagai berikut :

- Kolam adalah dua-dimensi secara horizontal dan vertikal.
- Debit air limbah dianggap konstan
- Terjadi pencampuran sempurna, sehingga densitas konstan terhadap ruang dan waktu.
- Polutan organik yang masuk ke kolam diasumsikan konstan.
- Nutrisi yang dipasok ke kolam diasumsikan konstan.
- Jumlah bakteri sepenuhnya bergantung pada konsentrasi polutan organik.
- Jumlah alga sepenuhnya bergantung pada konsentrasi komulatif nutrisi.
- Detritus yang terbentuk diperoleh dari bakteri dan alga yang mati didekomposisi menjadi unsur hara.
- Konsentrasi DO dalam kolam akan meningkat yang diperoleh dari atmosfer (udara).
- Proses fotosintesis oleh alga dan diasumsikan konstan serta akan menurun jika digunakan respirasi oleh bakteri, alga dan detritus.
- Pada dasar kolam dianggap tidak aktif, karena proses denitrifikasi.

2) Penyelesaian Model

Penyelesaian model dari persamaan diferensial simultan menggunakan persamaan diferensial non linier simultan yang berupa laju perubahan/pertumbuhan suatu zat yang berupa konsentrasi terdiri dari 13 (tiga belas) variabel dan diselesaikan dengan metode

Runge-Kutta-Fehlberg (RKF45) yang tergolong dalam keluarga metode Runge-Kutta order-4, namun memiliki ketelitian yang sampai order-5 dengan program M-file Matlab (R2008a).

Untuk mendapatkan ε (error) minimum, maka dilakukan estimasi parameter non linier pada “fmincon” di Matlab (R2008a), sehingga menghasilkan parameter kinetika optimum dengan nilai *error* yang minimum dan listing programnya ada di Lampiran III.

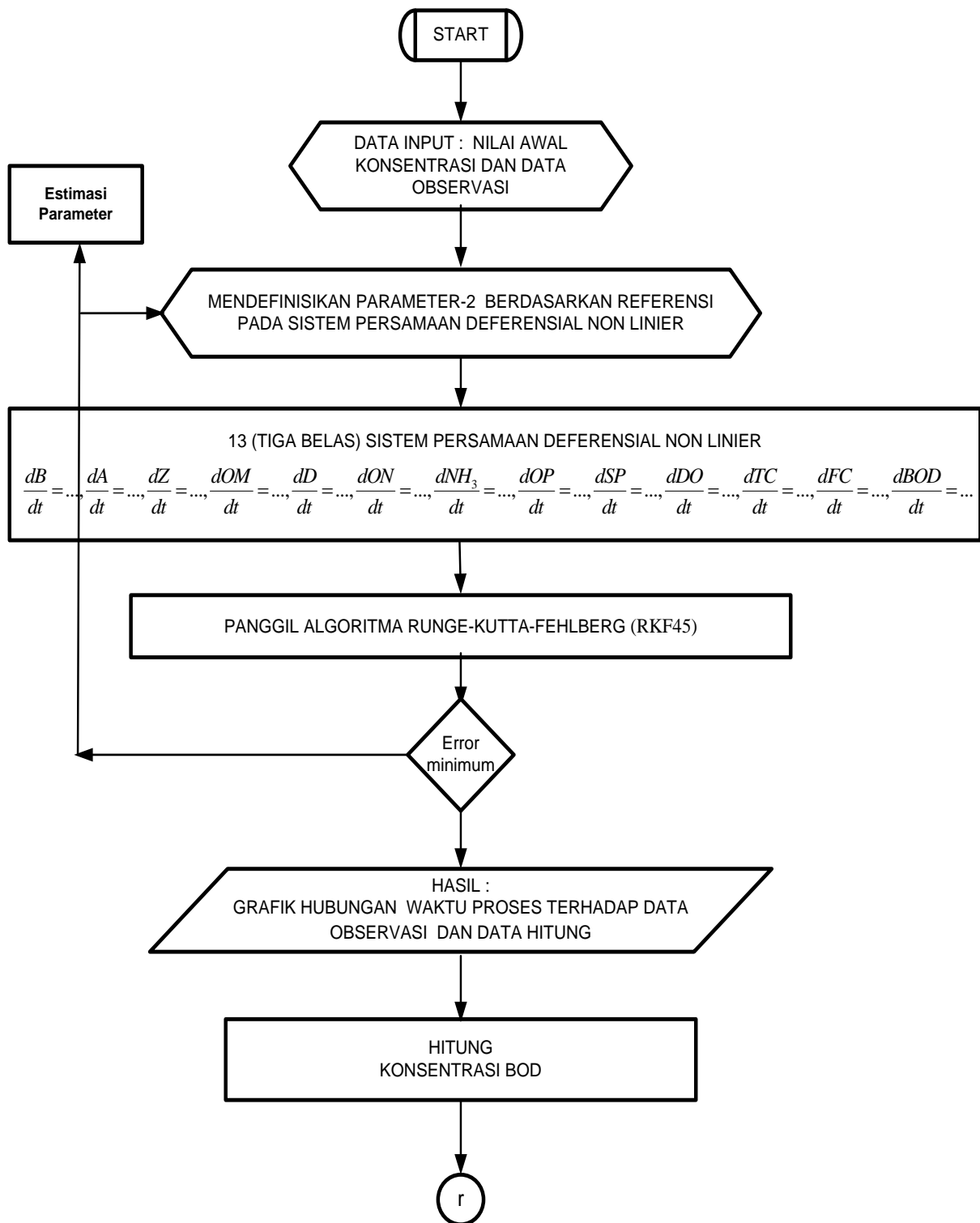
Berdasarkan data empirik dan validasi data, kemudian disimulasikan untuk mencari kecenderungan respon dari pengaruh berbagai variabel pada sistem. Hasil perhitungan dari model dan data observasi digambarkan dalam satu grafik sebaran (*scatter*) antara data observasi pada sumbu x dan data hitung pada sumbu y. Hasil akumulasi dari konsentrasi polutan organik (BOD) digunakan sebagai sumber (*sink*) polutan yang masuk ke kolam.

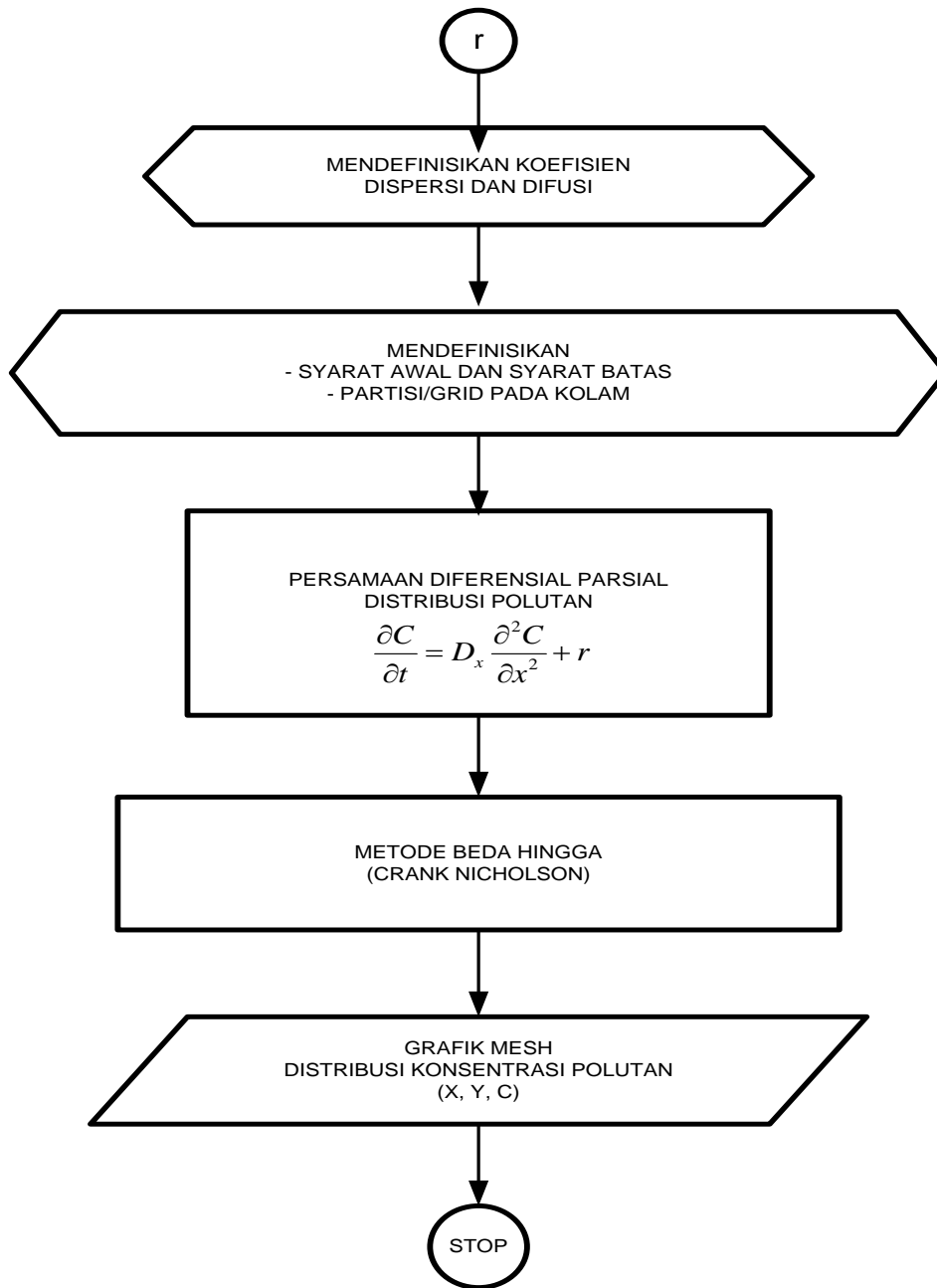
Polutan terdistribusi pada kolam dengan model difusi 2-dimensi sepanjang jarak kolam, model diselesaikan dengan metode Crank Nicholson. Langkah-langkah dalam penyelesaian model disajikan pada Gambar 33.

Untuk mendefinisikan koefisien dispersi dan difusi ditentukan dengan rumus dari persamaan (2.66.), sedangkan syarat awal pada arah horizontal (sumbu x) didefinisikan sebagai fungsi jarak sepanjang kolam dan syarat batasnya diturunkan dari persamaan difusi sebagai fungsi hiperbolik yang menunjukkan aliran laminar pada kolam. Menurut Jong-Kyu, L. (2012) bahwa suatu persamaan difusi mempunyai dua tipe karakteristik yaitu hiperbolik dan parabolik, karena kolam merupakan aliran fluida laminar maka sebagai syarat batas digunakan fungsi hiperbolik yang merupakan karakteristik aliran energi.

3) Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan dengan cara menentukan parameter berdasarkan literatur yang berpengaruh terhadap konsentrasi polutan pada kolam stabilisasi fakultatif terdapat 44 (empat puluh empat) parameter yang selanjutnya parameter diestimasi untuk mendapatkan parameter yang optimal dan sensitif terhadap model sampai mendapatkan model yang terbaik. Langkah-langkah estimasi parameter dapat dilihat pada Gambar 34.

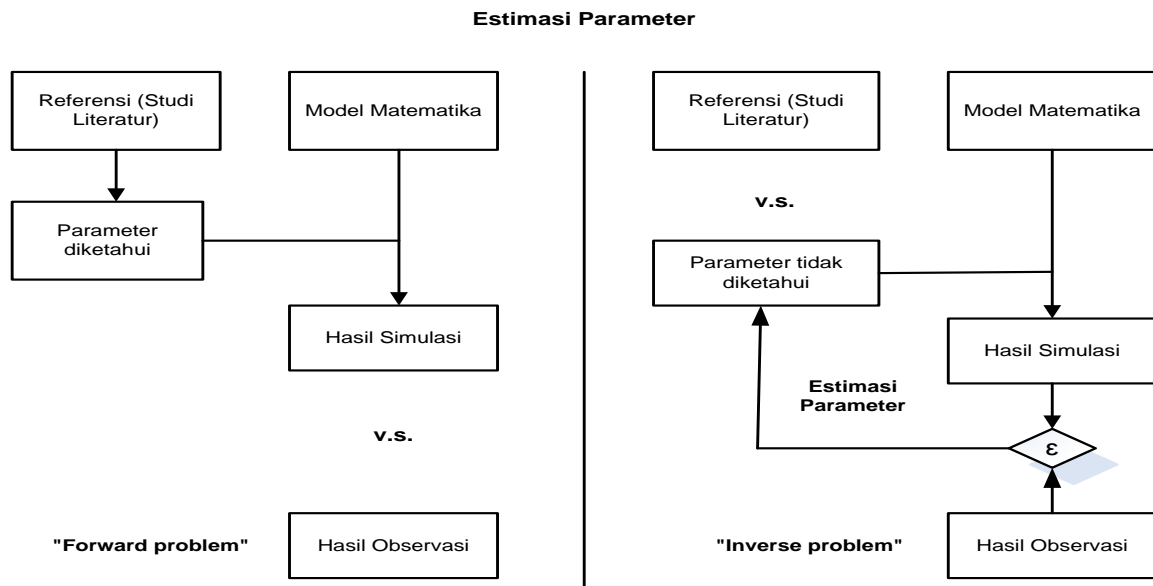




Gambar 33. Langkah-langkah dalam Penyelesaian Model

4) Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan model yang telah diformulasi, apakah model tersebut sudah merepresentasikan kondisi di lapangan dengan deviasi perbedaan antara data hitung dan data observasi. Jika deviasi antara keduanya kecil (dalam batas toleransi 10%), maka model telah terformulasi dan dapat diterima.



Gambar 34. Estimasi Parameter Non Linier

K. Simulasi

Simulasi numerik dengan menggunakan pemrograman M-File pada Matlab R2008a untuk memperoleh gambaran model steady state dan model dinamik terhadap konsentrasi komponen terhadap waktu dan validasi model dengan membandingkan data hitung dan data observasi. Selanjutnya dilakukan uji sensitivitas model terhadap parameter sensitif dengan cara estimasi parameter dengan iterasi sebanyak 10 kali ulangan.

