

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan Masjid Al-Wasi'i Universitas Lampung pada bulan Juli - September 2011.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah :

1. Satu unit komputer dan kelengkapannya untuk melakukan proses olah data dan penulisan laporan.
2. Alat-alat ukur sederhana dan kelengkapannya, seperti : double ring infiltrometer, mistar panjang, bak besar, model panci evaporasi, gelas ukur, stop watch, selang.

3.3 Persiapan

3.3.1 Data Primer

Data primer meliputi :

1. Volume air wudhu rata-rata harian. Data ini didapat dari pengukuran langsung di lapangan.
2. Laju perkolasi dan evaporasi harian. Data ini diperoleh dengan pengukuran langsung di lapangan, yaitu dilakukan di kawasan lokasi penelitian.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder meliputi :

1. Data klimatologi selama 10 tahun dari wilayah yang terdekat dengan lokasi penelitian yang didapat dari Stasiun Badan Meteorologi Radin Intan II Bandar Lampung, yaitu data curah hujan harian, kecepatan angin, suhu, kelembaban udara.
2. Sebaran air tanah lapisan tanah di kawasan Unila
Data ini digunakan data pendukung untuk mengetahui tinggi rata-rata muka air tanah dan konduktivitas hidrolis di kawasan Al-Wasi'i Unila

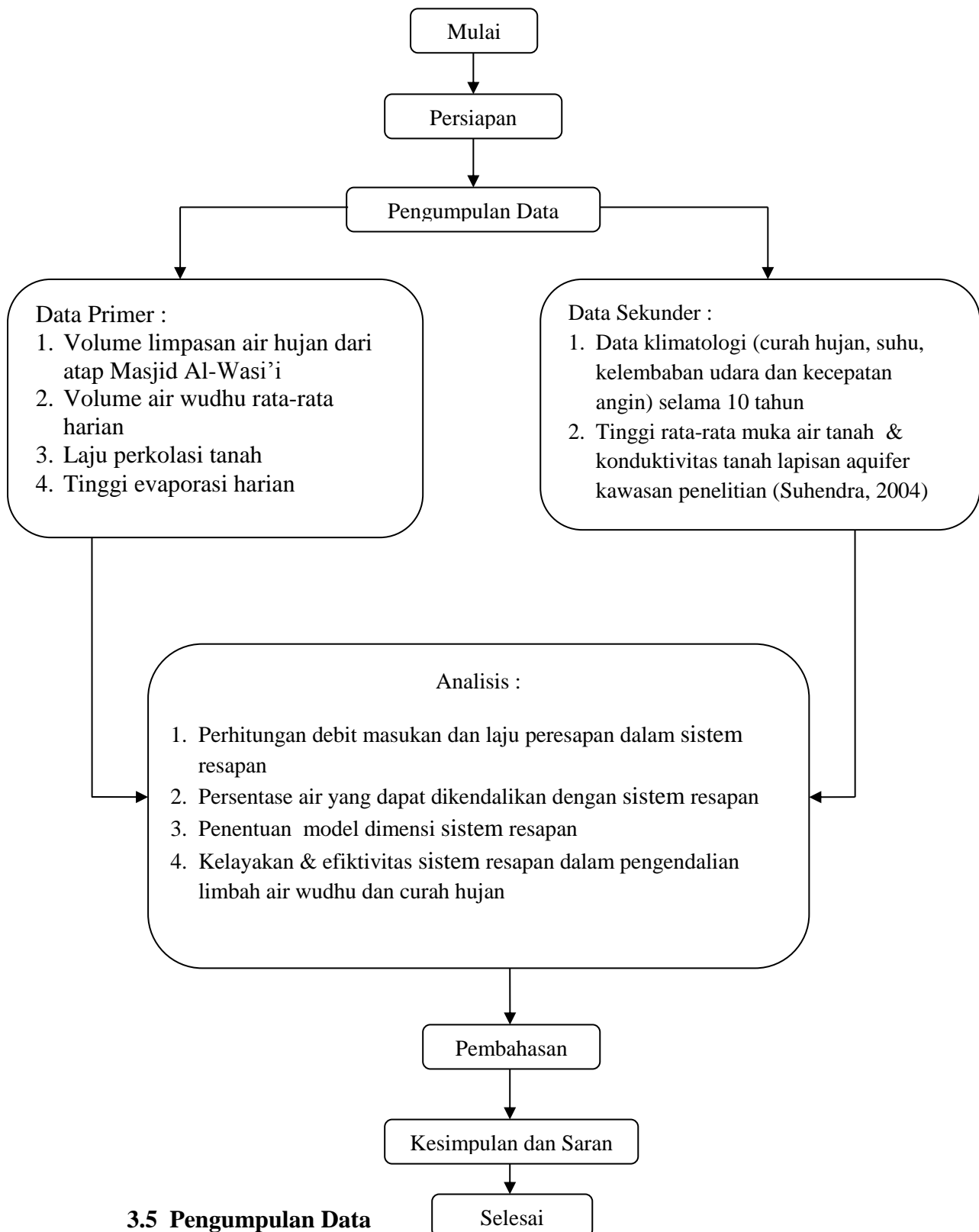
3.3.3 Batasan Model Sistem Resapan

Batasan model sistem resapan yang direncanakan adalah:

1. Sistem resapan yang akan dibuat berbentuk segi empat atau persegi tanpa tutup
2. Laju peresapan air atau perkolasi secara vertikal pada dasar sistem resapan (dasar porus dan dinding kedap air)
3. Memiliki kemampuan mengendalikan air minimal 70 % dari total air yang masuk kedalam sistem resapan

3.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan Penelitian



3.5.1 Penentuan Laju Perkolasi Tanah

Dalam penelitian ini pengukuran laju perkolasi dilakukan dengan menggunakan *double ring infiltrometer* (infiltrometer ring ganda). Pengukuran ini dilakukan berdasarkan perubahan tinggi air dalam alat tersebut.

Adapun langkah-langkah pelaksanaan pengukuran laju infiltrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan titik lokasi yang akan diukur
2. Membersihkan lahan yang akan diukur
3. Mempersiapkan alat-alat pada lokasi pengukuran
4. Menekan ring infiltrometer kedalam tanah sedalam ± 30 m
5. Menuangkan air sampai penuh kedalam selinder sampai penuh dan tunggu sampai air tersebut seluruhnya terinfiltrasi untuk menghilangkan retakan-retakan tanah akibat penekanan
6. Air dituangkan kembali kedalam silinder sampai penuh (kedalaman 7-8 cm)
7. Setelah air penuh, stopwatch dinyalakan, dan air di diamkan sampai habis (kedalaman 0 cm)
8. Bagian atas cincin ditutup untuk menghindari evaporasi selama pengukuran
9. Setelah habis, waktu penurunan tinggi muka air yang terjadi dicatat pada tabel yang telah disiapkan
10. Air dituangkan kembali secepatnya kedalam silinder sampai penuh. Kemudian didiamkan sampai volumenya 0 cm. Waktu penurunan tinggi muka air yang terjadi dicatat pada tabel yang telah disiapkan.
11. Pengukuran dilakukan terus menerus, sampai didapatkan laju penurunan tinggi muka air yang relatif konstan.

12. Menghitung hasil pengukuran laju penurunan tinggi muka air tiap selang waktu menjadi dalam (cm/hari) atau (mm/hari) dengan persamaan :

$$f = \frac{\Delta hc}{\Delta t} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan : f = laju perkolasi (cm/jam atau mm/hari)

Δhc = perubahan tinggi muka air tiap waktu (cm atau mm)

Δt = selang waktu pengukuran (menit atau jam)

13. Selanjutnya hasil pengukuran laju perkolasi menggunakan *double ring infiltrometer* akan dihitung dan dianalisis menggunakan metode Horton (Persamaan 1).

3.5.2 Pengukuran Evaporasi

Dalam penelitian ini pengukuran evaporasi aktual pada sistem resapan dilakukan dengan cara memasang bak yang terbuat dari kaca di kawasan lokasi penelitian. Evaporasi diukur dengan cara menghitung selisih tinggi muka air pada hari tertentu (TMA_i) dengan hari sebelumnya (TMA_{i-1}).

Adapun langkah-langkah pengukurannya adalah sebagai berikut :

1. Membuat lubang sebagai tempat untuk meletakkan bak pengukur evaporasi
2. Menuangkan air pada lubang tersebut dan menjaga agar airnya tidak kering
3. Menletakkan bak pada lubang yang tersedia
4. Menuangkan air ke dalam bak tersebut pada kedalaman tertentu
5. Lakukan pengamatan dan pengukuran setiap hari untuk mengetahui perubahan tinggi air dalam panci tersebut sampai beberapa hari
6. Mencatat perubahan tinggi air dalam bak evaporasi

Hasil pengukuran evaporasi aktual tersebut kemudian dikalibrasi dengan evaporasi prediksi (Es) pada waktu yang sama antara keduanya. Untuk mendapatkan nilai yang saling mendekati besarnya antara evaporasi hasil pengukuran dengan evaporasi prediksi (error terkecil), maka dilakukan modifikasi terhadap koefisien evaporasi dengan menambahkan parameter yang berpengaruh terhadap pengukuran evaporasi di lapangan, seperti: kecepatan angin (U_2), kelembaban udara rata-rata (RH rata), suhu udara maksimum (T max), suhu udara minimum (T min) dan radiasi sinar matahari (R_n). Evaporasi prediksi pada sistem resapan dihitung dengan persamaan :

$$Es = K_m \times E_{To} \dots\dots\dots(14)$$

Dengan :

- Es = Evaporasi prediksi sistem resapan (mm/hari)
- K_m = Koefisien evaporasi modifikasi
- E_{To} = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

Untuk menguji keandalan koefisien evaporasi (K_m) modifikasi kolam dalam memprediksi evaporasi (Es) menggunakan indikator kesalahan *Root Means Square Error* (RMSE) yang dirumuskan sebagai berikut.

Uji Keandalan Koefisien Evaporasi modifikasi sistem resapan (K_m) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (E_s - E_{pengukuran})^2} \dots\dots\dots(15)$$

Sedangkan besarnya evapotranspirasi acuan (E_{To}) dihitung berdasarkan data klimat menggunakan metode Penman-Monteith seperti pada Persamaan 10.

Konstanta psikometrik (γ) diperoleh dari persamaan berikut (Allen *et al*, 1988).

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} P \dots\dots\dots(16)$$

Dengan:

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26} \dots\dots\dots(17)$$

Dengan:

γ = Konstanta psikometrik (kPa/°C)

P = Tekanan atmosfer (kPa)

z = Elevasi permukaan air laut (m)

Gradien tekanan uap air (Δ), tekanan uap air jenuh (e_s) dan tekanan uap air aktual (e_a), diperoleh dari nilai suhu dan kelembaban udara (Allen *et.al*, 1988), yang dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27 T}{T+237.3} \right) \right]}{(T+237.3)^2} \dots\dots\dots(18)$$

Dengan:

Δ = Gradien tekanan uap air (kPa/°C)

T = Suhu udara (°C)

$$e_s = \frac{e^o(T_{\max}) + e^o(T_{\min})}{2} \dots\dots\dots(19)$$

dan

$$e_a = \frac{e^o(T_{\min}) \left(\frac{RH_{\max}}{100} \right) + e^o(T_{\max}) \left(\frac{RH_{\min}}{100} \right)}{2} \dots\dots\dots(20)$$

Dengan:

e_s = Tekanan uap air jenuh (kPa)

e_a = Tekanan uap air aktual (kPa)

e° = Tekanan uap air jenuh pada suhu T

$$e^{\circ}(T) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27 T}{T+237.3} \right] \dots\dots\dots(21)$$

Radiasi matahari (R_n) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots(22)$$

Dengan:

R_n = Radiasi matahari (MJ/m²hari)

R_{ns} = Radiasi netto gelombang pendek pada permukaan tanaman (MJ/m²hari)

R_{nl} = Radiasi netto gelombang panjang permukaan tanaman (MJ/m²hari)

3.5.3 Data Curah Hujan

Pada penelitian ini data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian pada rentang waktu minimal 10 tahun. Data curah hujan tersebut merupakan rekaman curah hujan harian pada pos-pos penangkapan hujan terdekat kawasan Masjid Al-Wasi'i Universitas Lampung, sehingga bisa mewakili curah hujan pada wilayah penelitian. Selanjutnya curah hujan tersebut akan dianalisis sebagai volume limpasan yang dikendalikan melalui atap masjid dan curah hujan yang langsung jatuh ke sistem resapan.

3.5.4 Debit Limpasan yang Dimasukkan

Pengukuran debit limpasan disini adalah besarnya limpasan air hujan yang jatuh atau mengalir dari atap Masjid Al-Wasi'i dan volume limbah air wudhu. Dimana

untuk menghitung besarnya limpasan yaitu dengan cara (curah hujan harian) x (koefisien run off atap masjid) x (luas atap).

Luas atap masjid adalah luas lapisan kedap air yang akan digunakan untuk menangkap air hujan kemudian dimasukkan kedalam sistem resapan. Sedangkan nilai koefisien run off atap Masjid Al-Wasi'i diasumsikan = 1, sehingga dengan menggunakan rumus rasional maka besar kapasitas dan debit air hujan bisa didapat.

$$V_a = C \times R \times A \dots\dots\dots(23)$$

$$V_a = L \times H_T \text{ maka } H_T = \frac{V_a}{L}$$

Keterangan :

V_a = Volume limpasan dari atap yang dikendalikan (mm^3/hari)

H_T = Tinggi limpasan curah hujan dari limpasan atap masjid (mm)

R = Curah hujan harian (mm/ hari)

L = Luas model sistem resapan yang direncanakan (mm^2)

C = Koefisien aliran pada permukaan atap masjid = 1

A = Luas atap masjid (mm^2)

Sedangkan untuk mengetahui debit limpasan air wudhu adalah dengan cara:

1. Mengukur volume air rata-rata yang dibutuhkan setiap orang untuk berwudhu dengan simulasi wudhu terhadap beberapa orang.
2. Menghitung jumlah jama'ah yang shalat (selama 5 waktu shalat wajib). Hal ini karena jumlah pemakaian air wudhu terbesar adalah ketika waktu-waktu shalat dan orang yang melakukan shalat di Masjid Al-Wasi'i rata-rata mengambil air wudhu dari masjid tersebut.

3. Langkah pada poin 2 dilakukan pada dua tahap, yaitu pada waktu ketika di kampus Unila sedang aktif kuliah dan waktu libur semester.
4. Kemudian jumlah pemakai air wudhu rata-rata perhari dikalikan dengan volume air rata-rata yang dibutuhkan perorang untuk kebutuhan berwudhu.

Atau dengan rumus :

$$V_1 = n \times v \dots\dots\dots(24)$$

$$V_1 = L \times T_T \text{ maka } T_T = \frac{V_1}{L}$$

Keterangan :

V_1 = Volume limbah air wudhu (mm^3 / hari)

T_T = Tinggi volume limbah air wudhu yang dikendalikan (mm)

n = Jumlah rata-rata jama'ah pemakai air wudhu setiap harinya

v = Volume air rata-rata yang dibutuhkan per orang untuk kebutuhan berwudhu (mm^3)

3.5.5 Volume Air yang Dikendalikan

Volume air yang dapat dikendalikan merupakan jumlah air yang dapat ditampung dan diresapkan dengan sistem resapan. Simulasi dilakukan dengan cara menghitung jumlah air yang masuk dan meresap ke dalam sistem resapan dan besarnya limpasan air yang meluap (over flow) dan menguap dari sistem resapan. Dari hasil perhitungan ini akan diketahui perubahan tinggi air dan besarnya air yang dapat diresapkan melalui sistem resapan

Untuk mengetahui perubahan tinggi air dalam sistem resapan, yaitu :

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = (T_{(T-1)} + H_T + T_T + R) - (I + E + OF) \dots\dots\dots(25)$$

Keterangan :

$\frac{\Delta H}{\Delta t}$ = Perubahan tinggi air dalam sistem resapan terhadap waktu
(mm/hari)

$T_{(T-1)}$ = Tinggi air dalam tampungan 1 hari sebelumnya (mm)

H_T = Tinggi limpasan hujan melalui atap masjid (mm)

T_T = Tinggi volume limbah air wudhu yang dikendalikan (mm)

R = Tinggi curah hujan harian yang langsung jatuh ke dalam sistem
resapan (mm)

I = Laju perkolasi (mm)

E = Evaporasi rata-rata harian (mm)

OF = Over flow/ volume air yang meluap dari sistem resapan (mm)

Untuk mengetahui besarnya air yang dapat dikendalikan dengan sistem resapan,
maka:

1. Mencatat volume total air yang akan dimasukkan ke dalam sistem resapan
(inflow) dan volume air yang meluap (over flow).
2. Setelah itu, dihitung besarnya persentase pengendalian air dengan persamaan
berikut :

$$Q_o = \frac{Inflow - Over\ flow}{Inflow} \times 100 \% \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan :

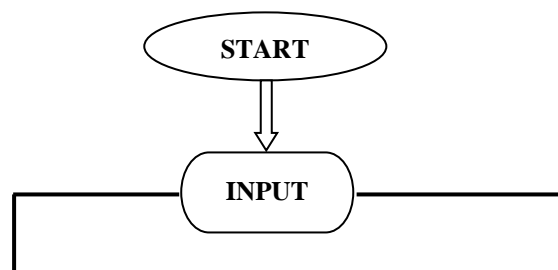
Q_o = Persentase volume air yang dapat dikendalikan (%)

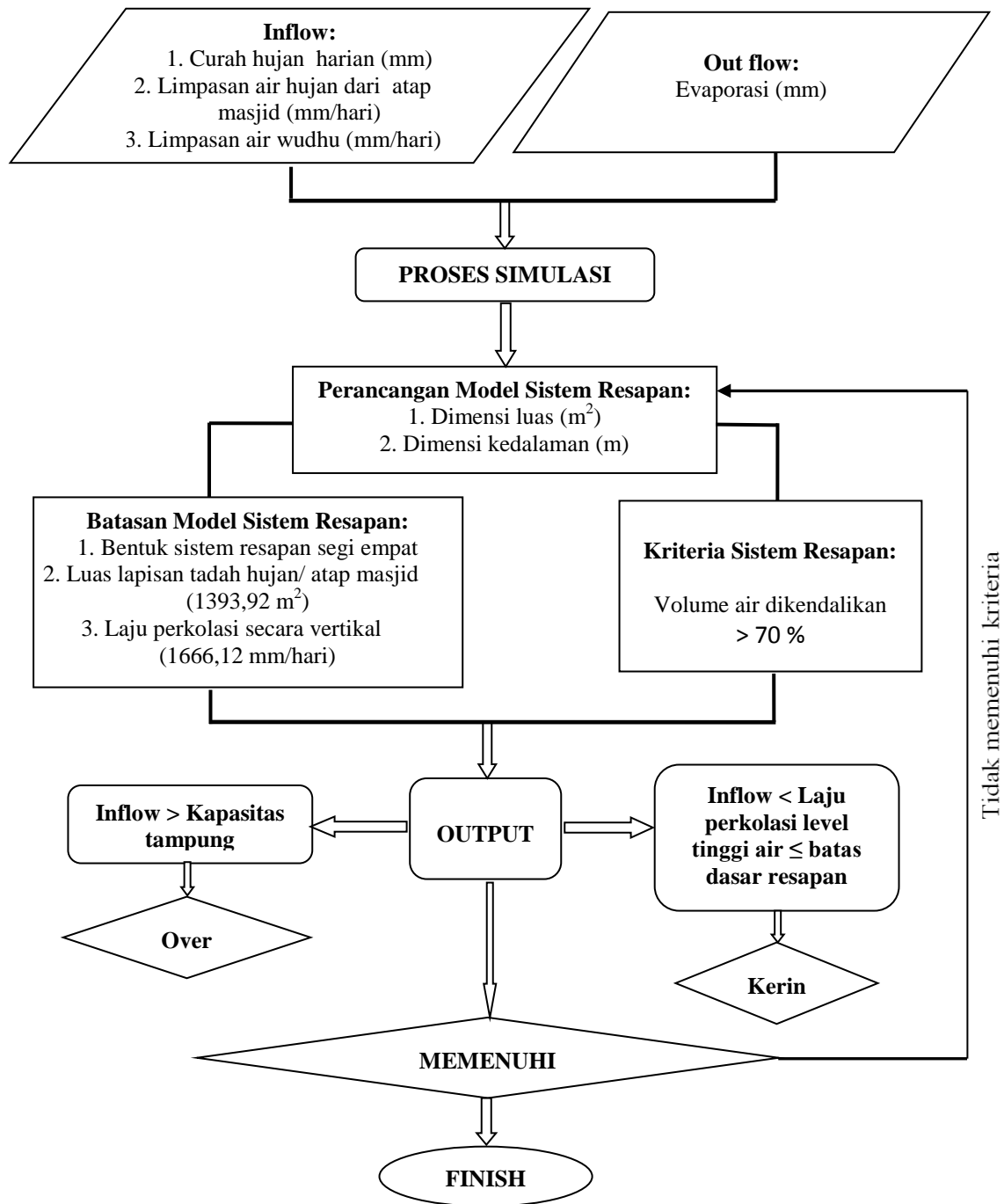
Inflow = Banyaknya air yang masuk ke dalam sistem resapan (m³)

Over flow = Banyaknya air yang meluap dari sistem resapan (m^3)

3.5.6 Diskripsi Mekanisme Kerja Sistem Resapan

Mekanisme kerja dilakukan pada sistem resapan yang ber dinding kedap dan dasar porus (laju perkolasi vertikal) dengan input air yang dimasukkan adalah curah hujan langsung, limpasan air hujan dari atap masjid dan limpasan air wudhu. Proses perubahan tinggi air yang terjadi dalam sistem resapan adalah pada hari pertama, sistem resapan diasumsikan mempunyai volume air dengan kedalaman penuh (optimum). Untuk hari selanjutnya, sistem resapan mempunyai volume air yang sama dan ditambah dengan volume inflow (limpasan air hujan, limpasan air wudhu dan curah hujan yang langsung jatuh ke dalam sistem resapan) dikurangi dengan volume air yang meresap ke dalam tanah dan volume output (evaporasi dan over flow). Jika volume air yang masuk (inflow) lebih besar daripada volume tampung dan laju perkolasi sistem resapan, maka air akan meluap dari sistem resapan (overflow). Sebaliknya, apabila volume air yang masuk (inflow) lebih kecil daripada volume tampungan sistem resapan, maka tinggi air akan sama dengan tinggi volume inflow dikurangi laju perkolasi sistem resapan. Namun, apabila volume air yang masuk (inflow) lebih kecil daripada laju perkolasi sistem resapan, maka akan terjadi kekeringan/ kekosongan dalam sistem resapan.





Gambar 1. Diagram alir mekanisme kerja sistem resapan

3.5.7 Analisis Sensitivitas Relatif pada Sistem Resapan

Analisis sensitivitas pada sistem resapan adalah suatu analisis untuk dapat melihat

dan memprediksi pengaruh perubahan laju perkolasi terhadap volume air yang dapat dikendalikan oleh sistem resapan. Untuk menghitungnya dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{\frac{L_1 - L_2}{L}}{\frac{I_1 - I_2}{I}} \dots\dots\dots(27)$$

$$I_1 = (I - X\% I) \quad \text{dan} \quad I_2 = (I + X\% I)$$

Keterangan :

S = Nilai sensitivitas relatif

L = Volume air dikendalikan pada laju perkolasi awal

L₁ = Volume air dikendalikan pada laju perkolasi turun

L₂ = Volume air dikendalikan pada laju perkolasi naik

I = Laju perkolasi awal (mm/hari)

I₁ = Laju perkolasi turun X %

I₂ = Laju perkolasi naik X %

X = Perubahan laju perkolasi i (%)