

MODIFIKASI MODEL HIDROLOGI TANGKI SUGAWARA UNTUK ANALISIS REGIM AIR DI LAHAN SAWAH BERIRIGASI

Susilan Hidayat^{*}), Sahid Susanto^{**}), Sigit Supadmo Arif^{**})

^{*})Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

^{**})Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada

RINGKASAN

Model hidrologi tangki Sugawara telah dimodifikasi dan diterapkan di lahan sawah beririgasi, dengan kajian kasus di petak tersier BP 1 Ka di DI Pijenan. Hasil kalibrasi model menunjukkan bahwa model dapat menampilkan unjuk kerja yang cukup memadai.

Model selanjutnya digunakan untuk analisis regim air di petak irigasi tersier tersebut, dengan membagi regim air menjadi lima komponen, yaitu: (a) pemberian air irigasi, I; (b) evapotranspirasi aktual, Eta; (c) perkolasi, P; (d) air yang keluar dari petak, Qo; dan (e) kehilangan air tak terkontrol, L. Rata-rata jumlah air untuk masing-masing komponen diperoleh: I = 9,06 mm/hari (1,05 lt/dt/ha); Eta = 3,69 mm/hari; P = 1,25 mm/hari; Qo = 1,63 mm/hari (0,19 lt/dt/ha); dan L = 6,21 mm/hari (0,72 lt/dt/ha).

Nilai efisiensi pemberian air irigasi di petak tersebut selama penelitian berkisar antara 21% hingga 75%, dengan rata-rata sebesar 42%. Sedangkan untuk pemberian air irigasi yang optimal diperoleh angka 1,3 lt/dt/ha.

I. PENDAHULUAN

Model tangki hidrologi yang dikembangkan oleh Sugawara merupakan salah satu model yang telah teruji keandalannya, baik di Jepang sendiri, tempat model tersebut dikembangkan untuk pertama kali, maupun di negara-negara lain dengan kondisi yang berbeda-beda, seperti daerah basah (*humid*), kering (*arid*) dan semi kering (*semi arid*). Walaupun demikian, untuk keperluan analisis regim air di lahan sawah beririgasi, model ini belum pernah diterapkan.

Dibandingkan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS), lahan sawah beririgasi mempunyai kondisi fisik yang lebih homogen dan watak aliran yang lebih spesifik. Proses hidrologi seperti pemberian air irigasi sebagai masukan air ke sistem selain dari hujan, intersepsi oleh tajuk tanaman, adanya genangan hampir pada setiap musim, serta terbentuknya *hard pans* merupakan ciri khas lahan beririgasi yang dapat dipakai untuk membedakan dengan karakteristik DAS pada umumnya.

II. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama penelitian ini adalah melakukan modifikasi model tangki Sugawara sehingga dapat diterapkan di lahan sawah beririgasi. Selanjutnya, model hasil modifikasi tersebut digunakan untuk analisis regim air di lahan tersebut.

III. STRUKTUR MODEL

Model tangki Sugawara yang dimodifikasi dititik beratkan pada dua tangki bagian atas. Tangki I (paling atas) digunakan sebagai simulasi dari proses intersepsi pada tajuk tanaman. Sedangkan Tangki II sebagai simulasi dari proses hidrologi di zone bagian atas. Hasil modifikasi dapat dilihat pada Gambar 1. Selain modifikasi komponen model, penggunaan beberapa persamaan dalam proses hidrologi merupakan bentuk modifikasi yang lain.

3.1. Komponen Model

Komponen yang dipertimbangkan dalam model mencakup:

- Curah hujan ($R(t)$)
- Hujan yang jatuh di dalam saluran secara langsung
Hujan yang jatuh di dalam saluran, $R_1(t)$, besarnya ditentukan oleh curah hujan, $R(t)$ dan koefisien pembatasnya, k_1 , yang dituliskan sebagai berikut:

$$R_1(t) = k_1 \times R(t) \dots \dots \dots (1)$$

- Hujan yang jatuh di lahan
Hujan yang jatuh di lahan, $R_2(t)$, sebesar:

$$R_2(t) = R(t) - R_1(t) \dots \dots \dots (2)$$

Sebagian dari hujan ini jatuh pada tajuk tanaman (Tangki I) dan sebagian lain jatuh langsung pada permukaan lahan.

- (d) Hujan yang jatuh di tangki I
Hujan yang jatuh di tangki I, $R_3(t)$, dipengaruhi oleh parameter tajuk, k_2 , sehingga:

$$R_3(t) = k_2 \times R_2(t) \dots\dots\dots (3)$$

- (e) Hujan yang jatuh langsung di permukaan lahan
Hujan yang jatuh langsung di permukaan lahan, $R_4(t)$, besarnya dibatasi oleh parameter k_3 , sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_4(t) = k_3 \times R_2(t) \dots\dots\dots (4)$$

- (f) Intersepsi
Hujan yang jatuh pada tangki I akan terintersepsi. Besarnya intersepsi, $I_c(t)$, adalah:

$$I_c(t) = \begin{cases} R_2(t) & \text{jika } R_2(t) \leq C_{scap} - H_1(t-1) \dots (5) \\ R_2(t) - C_{scap} - H_1(t-1) & \text{jika } R_2(t) > C_{scap} - H_1(t-1) \dots (6) \\ 0 & \text{jika } H_1(t-1) \geq C_{scap} \dots\dots\dots (7) \end{cases}$$

$$C_{scap} = PIC + E_c(t) \times Trd \dots\dots\dots (8)$$

Keseimbangan air di dalam Tangki I dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$H_1(t) = \begin{cases} H_1(t-1) + I_c(t) - \Sigma I_c(t) + C_{scap} - E_c(t) & \text{jika } \Sigma I_c(t) < C_{scap} \dots\dots\dots (9) \\ H_1(t-1) + I_c(t) - E_c(t) & \text{jika } \Sigma I_c(t) > C_{scap} \dots\dots\dots (10) \end{cases}$$

dimana:
 $H_1(t)$: simpanan air di dalam tangki I setelah periode waktu t .

- (g) *Throughfall/stemflow*
Kelebihan air dalam tangki I turun sebagai *throughfall/stemflow*, $Trf(t)$ yang besarnya dibatasi oleh koefisien, k_4 , sehingga:

$$Trf(t) = k_4 \times H_1(t) \dots\dots\dots (11)$$

- (h) Air hujan yang sampai di permukaan lahan
Air hujan yang sampai di permukaan lahan, $R_5(t)$, merupakan jumlah $R_4(t)$ dan $Trf(t)$, sehingga:

$$R_5(t) = Trf(t) + R_4(t) \dots\dots\dots (12)$$

- (i) Simpanan air di Tangki II
Air hujan yang sampai di permukaan lahan dan air irigasi yang diberikan, I , akan menambah simpanan di dalam Tangki II, dengan laju:

$$Aw_2(t) = R_5(t) + I(t) \dots\dots\dots (13)$$

Sehingga persamaan keseimbangan dalam Tangki II adalah:

$$H_2(t) = \begin{cases} H_2(t-1) + Aw_2(t) - \Sigma Aw_2(t) + FL - E_{ta}(t) & \text{jika } \Sigma Aw_2(t) > FL \dots\dots\dots (14) \\ H_2(t-1) + Aw_2(t) - E_s(t) & \text{jika } \Sigma Aw_2(t) < FL \dots\dots\dots (15) \end{cases}$$

- (j) Infiltrasi/perkolasi
Air di dalam tangki II sebagian akan turun sebagai perkolasi, yang besarnya dapat dihitung dengan formula:

$$P(t) = k_5 \times H_2(t) \dots\dots\dots (16)$$

dimana:
 k_5 : parameter yang membatasi perkolasi

- (k) Aliran permukaan
Kelebihan air pada tangki II akan mengalir sebagai aliran permukaan, yang besarnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$RO(t) = \begin{cases} K_6 \times (F_1 - FLM) & \text{jika } \Sigma Aw_2(t) > FLM \dots\dots\dots (17) \\ 0 & \text{jika } \Sigma Aw_2(t) \leq FLM \dots\dots\dots (18) \end{cases}$$

Total aliran permukaan yang keluar dari petak dihitung dengan menggunakan metode superposisi *Instantaneous Unit Hydrograph (IUH)* dari Nash Model (Haan, 1977, Achliil, 1981, Nash, 1959, dalam Susanto, 1990), yang dituliskan sebagai berikut:

$$IUH_n(I) = \frac{1}{K \times \Gamma(n)} (I/K)^{n-1} \exp(-I/K); n > 0; K > 0 \dots\dots\dots (19)$$

dimana:
 $IUH_n(I)$: IUH dari Nash model
 K dan n : konstanta simpanan
 n : jumlah simpanan untuk $IUH_n(I)$
 $\Gamma(n)$: fungsi Gamma untuk n simpanan

- (l) Evapotranspirasi aktual
Besarnya evapotranspirasi aktual ditentukan oleh koefisien tanaman dan evapotranspirasi potensial, atau dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E_t = k_c \times E_p \dots\dots\dots (20)$$

Evapotranspirasi potensial diperkirakan dengan metoda Penman yang dimodifikasi. Sedangkan harga koefisien tanaman (kc), dihitung berdasarkan *Unit Crops Index* (Pusposutardjo, 1982).

- (m) Keseimbangan massa pada tangki III
Keseimbangan massa pada tangki III akan mengikuti persamaan berikut:

$$SM(t) = \begin{cases} 0 & \text{jika } SM(t) < WP \dots\dots\dots (21) \\ SM(t-1) + P(t) & \text{jika } WP < SM(t-1) \\ < FC \dots\dots\dots (22) \\ SM(t-1) + P(t) - DP(t-1) - SB(t-1) & \text{jika } FC < SM(t-1) < SAT \dots\dots (23) \end{cases}$$

dengan WP, FC, SAT adalah kondisi lengas tanah pada titik layu, kapasitas lapang, dan jenuh.

- (n) Penambahan air tanah dan aliran bawah permukaan.

Sebagian air pada Tangki III akan bergerak turun karena gravitasi/tekanan hidrostatik sebagai perkolasi dalam DP(t), yang menambah simpanan air tanah (Gws). Sebagian lain bergerak mendatar sebagai aliran bawah permukaan, SB(t). Masing-masing besarnya adalah:

$$DP(t) = k7 \times SM(t) \dots\dots\dots (24)$$

$$SB(t) = k8 \times SM(t) \dots\dots\dots (25)$$

- (o) Aliran air bawah tanah

Besarnya aliran bawah tanah, Bf(t) dipengaruhi oleh simpanan air tanah, Gws dan parameter k10, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Bf(t) = k10 \times Gws(t) \dots\dots\dots (26)$$

Keseimbangan massa pada tangki IV adalah:

$$Gws(t) = Gws(t-1) + DP(t) - Bf(t-1) - Cpl(t-1) \dots\dots\dots (27)$$

- (p) Rembesan ke atas (Cpl)

Jika simpanan pada tangki III, SM(t) kurang dari FC dan ada cukup simpanan pada tangki IV, maka ada gerakan lengas ke atas karena gaya kapilaritas yang besarnya dibatasi oleh parameter k9, sehingga dapat dituliskan dengan persamaan (28) berikut:

$$Cpl(t) = k9 \times Gws \dots\dots\dots (28)$$

- (q) Total aliran dan debit prediksi model

Total aliran air pada saluran terdiri dari hujan jatuh pada saluran (R1(t)), serta aliran dari petak berupa aliran permukaan (R0(t)), aliran bawah permukaan SB(t), dan aliran tanah (Bf(t)), yang

masing-masing besarnya telah diperoleh secara terpisah.

Model mula-mula memprediksi debit sebesar total aliran tersebut. Karena pengaruh kelambatan waktu (*time lag*), maka debit prediksi, Qo(t), menjadi (Sugawara, et.al, 1984):

$$Qo(t) = Tlag \times Y(t-1) + (1 - Tlag) \times Y(t) \quad (29)$$

dimana:

Y(t) : total aliran
t : hari

3.2. Proses Model

Secara skematis perhitungan proses hidrologis dalam model dapat digambarkan dalam bagan alir seperti tercantum pada Gambar 2.

IV. OPTIMASI PARAMETER

Sejumlah 12 parameter dalam model dioptimasi dengan menggunakan metode Powell, yaitu dengan cara menghitung fungsi minimum dari suatu variabel tanpa menghitung turunannya (Powell, 1964).

V. ORGANISASI MODEL, KELUARAN MODEL DAN PENULISAN PROGRAM

Model terdiri atas program utama dengan beberapa sub-program, yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi, simpanan pada setiap tangki, optimasi parameter, uji statistik. Keluaran model berupa grafik debit prediksi dan observasi serta hasil uji statistik. Penulisan program dilakukan dalam Fortran 77.

VI. TOLOK UKUR UNJUK KERJA MODEL

Penilaian unjuk kerja model dilakukan secara grafis dan numeris. Grafis *time series* dan diagram *scatter* dipilih untuk melihat kesesuaian antara hidrograf prediksi dan observasi. Sedangkan secara numeris dipakai beberapa persamaan sebagai tolok ukur, yaitu:

- a. Kesalahan Standar (*Standart Error*), SE

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=N}^N (Q_{obs} - Q_{prd})^2}{N}} \dots\dots\dots (30)$$

- b. Koefisien Kalibrasi (*Calibration Coefficient*), CC

$$CC = \frac{SE}{\sum_{i=1}^N \frac{Q_{prd}}{N}} \dots\dots\dots (31)$$

c. Momen Pemberat (*Weighted Moment*), WM

$$WM = C \times r \dots\dots\dots (32)$$

$$C = \begin{cases} SDP/SDO & \text{jika } SDP < SDO \\ SDO/SDP & \text{jika } SDO < SDP \end{cases}$$

$$r = \frac{1}{N} \left\{ \sum \frac{(Q_{obs} - MQ_{obs})(Q_{prd} - MQ_{prd})}{SDO \quad SDP} \right\}$$

d. Imbangan Massa (*Mass Balance*), MB

$$MB = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{obs} \quad \sum_{i=1}^N Q_{prd}}{\sum_{i=1}^N Q_{obs}} \dots\dots\dots (33)$$

dimana:

- N : jumlah hari pengamatan
- Q_{obs} : debit pengamatan
- Q_{prd} : debit prediksi dari model
- MQ_{obs} : rata-rata debit pengamatan
- MQ_{prd} : rata-rata debit prediksi model
- SDO : standar deviasi debit pengamatan
- SDP : standar deviasi debit prediksi

VI. PENGGUNAAN MODEL

7.1. Analisis Regim Air

Bila ΔS, In dan Out berturut-turut adalah perubahan simpanan air dalam sistem, masukan air ke dalam sistem dan keluaran air dari sistem, maka keseimbangan air dalam suatu sistem petak sawah secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta S = In - Out \dots\dots\dots (34)$$

Air yang masuk ke dalam petak berupa air irigasi, (I) dan air hujan, (R). Sedangkan air keluar dari petak berupa evapotranspirasi aktual (Eta), perkolasi (P), air buangan lewat saluran pembuang (Qo), dan kehilangan air yang tidak terkontrol (L). Dengan demikian, persamaan (34) dapat dituliskan menjadi:

$$\Delta S = (R + I) - (Eta + P + Qo + L) \dots\dots\dots (35)$$

Dengan anggapan bahwa pada periode waktu yang pendek ΔS tidak berubah, maka persamaan (35) menjadi:

$$R + I = Eta + P + Qo + L \dots\dots\dots (36)$$

Dengan demikian, dapat pula diketahui besarnya kehilangan air yang tak terkontrol, yaitu:

$$L = (R + I) - (Eta + P + Qo) \dots\dots\dots (37)$$

7.2. Analisis Efisiensi Irigasi

Nilai efisiensi penggunaan air irigasi pada lahan ditentukan oleh air irigasi yang diberikan, I, serta jumlah kebutuhan air (Hansen, VE, 1986). Jumlah kebutuhan air terdiri dari Eta dan P. Sehingga nilai efisiensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Eff = \left\{ (Eta + P)/I \right\} \times 100\% \dots\dots\dots (38)$$

VIII. APLIKASI MODEL

8.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada lahan sawah beririgasi, di petak tersier BP 1 Ka, yang merupakan bagian dari Daerah Irigasi Pijenan. Secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Triharjo, Kecamatan Pandak, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gambar 5 memperlihatkan peta situasi dan topografi lahan yang dipergunakan untuk kaliberasi model. Pengumpulan data lapang sudah diusahakan sejak saat tanam padi sampai panen. Akan tetapi, karena ada masalah teknis yang tidak dapat dihindari, maka data yang diperoleh hanya dari 50 hari pengamatan. Walaupun demikian, keterlambatan pengumpulan data ini tidak banyak mempengaruhi hasil proses kaliberasi.

8.2. Unjuk Kerja Model

Bentuk keluaran model berupa grafik *time series* dan diagram *scatter* debit prediksi dan observasi disajikan dalam Gambar 3 dan Gambar 4. Dari gambar tersebut nampak bahwa debit air yang keluar dari lahan sawah dapat diprediksi dengan baik.

Secara numeris, dengan tolok ukur koefisien korelasi = 0,7433, kesalahan standar = 0,7898, dan keseimbangan massa = 0,0008, unjuk kerja model cukup bisa diterima.

8.3. Regim Air

Analisis regim air dilakukan untuk mengetahui variasi harian nilai masing-masing komponen air yang membentuk keseimbangan massa seperti dalam persamaan (36).

Komponen air yang masuk ke lahan, I, bervariasi antara 0,411 hingga 1,769 liter/detik/hektar (3,55

hingga 15,28 mm/hari), dengan rata-rata 1,053 liter/detik/hektar (9,06 mm/hari). Variasi demikian disebabkan oleh sistem pemberian air secara giliran.

Nilai evapotranspirasi aktual, E_a , ditentukan oleh kondisi cuaca setempat dan koefisien tanaman. Nilai ini bervariasi dari 1,21 hingga 5,35 mm/hari, dengan rata-rata 3,69 mm/hari.

Air yang masuk ke lahan menyebabkan tinggi genangan naik, yang selanjutnya mempengaruhi nilai perkolasinya. Variasi nilai komponen perkolasi berada pada kisaran 1,36 hingga 1,61 mm/hari, dengan rata-rata 1,25 mm/hari.

Bila pemberian air melebihi jumlah kebutuhan air, maka ada aliran air keluar dari petak, Q_o . Nilai komponen ini bervariasi dari 1,10 mm/hari (0,13 liter/detik/hektar) hingga 4,91 mm/hari (0,57 liter/detik/hektar), dengan rata-rata 1,63 mm/hari (0,19 liter/detik/hektar).

Dengan persamaan (37) dapat diketahui adanya kehilangan air tak terkontrol, L , yang nilainya berkisar antara 1,61 hingga 20,37 liter/detik, dengan rata-rata 9,29 liter/detik.

Secara lengkap nilai harian setiap komponen regim air disajikan dalam Tabel 1.

8.4. Efisiensi Irigasi

Dengan menggunakan persamaan (38) diperoleh nilai efisiensi pemberian air irigasi berkisar antara 21% hingga 75%, dengan rata-rata 42% (Tabel 2). Dengan efisiensi paling rendah, diperlukan pemberian air 1,74 liter/detik/hektar, sedangkan dengan efisiensi paling tinggi, pemberian air irigasi menjadi 0,41 liter/detik/hektar. Pada kondisi rata-rata, jumlah pemberian air irigasi mencapai 1,05 liter/detik/hektar. Angka pemberian air irigasi yang optimal diperoleh sebesar 1,3 liter/detik/hektar.

IX. KESIMPULAN DAN SARAN

Model simulasi hidrologi tangki Sugawara yang telah dimodifikasi diterapkan pada lahan sawah beririgasi dengan topografi datar. Hasil kalibrasi model menunjukkan bahwa nilai parameter model untuk tipe lahan sawah beririgasi dengan topografi datar dapat diperoleh.

Nilai harian komponen regim air di lahan sawah sangat bervariasi terutama disebabkan oleh jumlah pemberian air irigasinya. Dengan pemberian air yang bervariasi, maka nilai komponen regim air yang lain seperti perkolasi, aliran keluar petak dan kehilangan air tak terkontrol menjadi bervariasi pula. Sedangkan nilai evapotranspirasi bervariasi disebabkan oleh kondisi cuaca dan tingkat pertumbuhan tanaman.

Efisiensi pemberian air irigasi pada lahan penelitian masih rendah, yaitu antara 21% hingga 75%, dengan nilai rata-rata 42%. Untuk pemberian air irigasi yang optimal diperoleh angka 1,3 liter/detik/hektar.

Model perlu diuji lebih lanjut untuk mendapatkan nilai parameter model di lahan sawah beririgasi dengan kondisi topografi berteras.

UCAPAN TERIMA KASIH

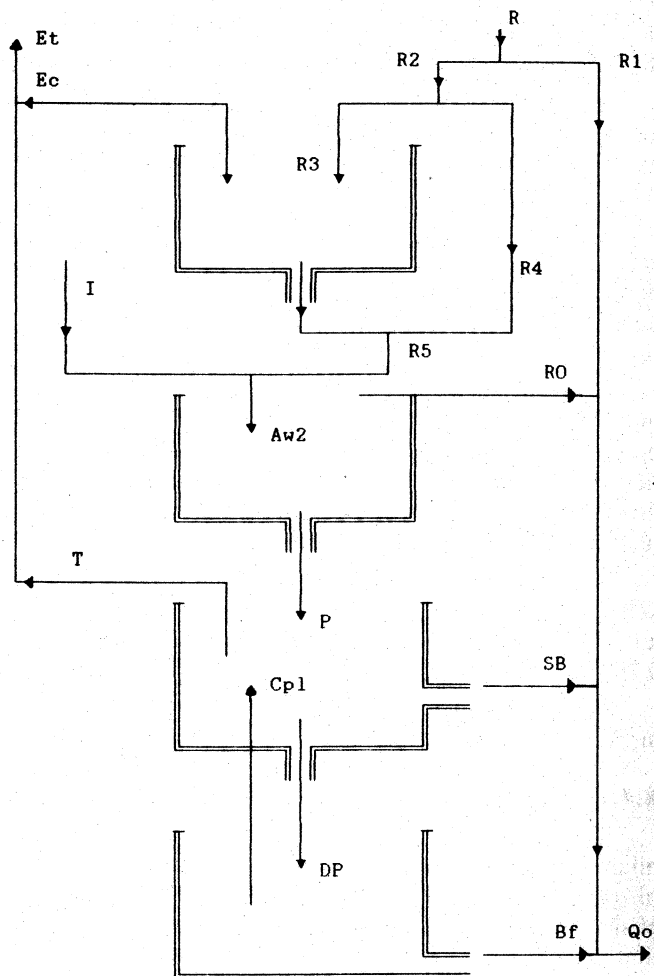
Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang dibiayai oleh PAU - Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada. Untuk itu diucapkan banyak terima kasih.

Tabel 1. Variasi Nilai Komponen Regim Air

Hari ke	I		E _a (mm)	P (mm)	Q _o		L	
	lt/dt/ha	mm			lt/dt/ha	mm	lt/dt/ha	mm
1.	1.67	14.41	3.86	1.61	0.57	4.91	1.20	10.35
2.	1.11	9.56	3.61	1.46	0.34	2.90	0.74	6.36
3.	1.02	8.85	4.64	1.45	0.28	2.45	0.57	4.93
4.	0.86	7.41	4.97	1.41	0.22	1.86	0.38	3.32
5.	0.77	6.69	4.61	1.39	0.18	1.55	0.36	3.09
6.	1.70	14.67	4.98	1.54	0.40	3.49	1.36	11.75
7.	1.32	11.37	4.62	1.48	0.34	2.93	0.93	8.02
8.	1.01	8.72	3.93	1.43	0.26	2.27	0.66	5.73
9.	0.78	6.76	4.45	1.41	0.21	1.80	0.34	2.98
10.	0.63	5.47	4.10	1.38	0.15	1.32	0.24	2.11
11.	1.55	13.43	3.92	1.52	0.38	3.24	1.31	11.33
12.	1.23	10.64	3.99	1.48	0.33	2.89	0.88	7.62
13.	1.17	10.10	3.55	1.47	0.31	2.69	0.87	7.54
14.	0.91	7.85	3.30	1.43	0.25	2.19	0.60	5.17
15.	0.62	5.37	3.50	1.39	0.18	1.55	0.26	2.23
16.	1.60	13.85	4.45	1.54	0.40	3.47	1.28	11.09
17.	1.30	11.21	3.50	1.48	0.34	2.98	1.02	8.81
18.	0.84	7.24	4.29	1.42	0.24	2.09	0.40	3.41
19.	0.64	5.51	3.84	1.38	0.16	1.41	0.27	2.31
20.	0.61	5.29	3.74	1.38	0.15	1.32	0.25	2.20
21.	1.49	12.90	4.34	1.52	0.37	3.17	1.18	10.22
22.	1.23	10.62	3.89	1.47	0.32	2.81	0.90	7.80
23.	1.16	10.00	4.71	1.47	0.31	2.67	0.72	6.26
24.	0.88	7.59	3.90	1.41	0.22	1.93	0.53	4.57
25.	0.78	6.71	4.64	1.41	0.20	1.74	0.32	2.80
26.	1.70	14.68	4.39	1.54	0.41	3.52	1.43	12.32
27.	1.34	11.61	4.82	1.49	0.36	3.09	0.92	7.93
28.	1.13	9.77	4.66	1.45	0.29	2.51	0.72	6.20
29.	0.88	7.62	5.35	1.41	0.22	1.92	0.37	3.18
30.	0.66	5.70	3.48	1.37	0.15	1.26	0.37	3.17
31.	1.77	15.28	4.83	1.56	0.44	3.78	1.43	12.38
32.	1.35	11.67	4.93	1.48	0.36	3.07	0.92	7.93
33.	1.02	8.85	2.34	1.43	0.26	2.27	0.87	7.52
34.	0.76	6.55	3.32	1.42	0.23	2.00	0.40	3.49
35.	0.62	5.40	3.17	1.39	0.18	1.52	0.30	2.63
36.	1.74	15.05	3.21	1.56	0.44	3.82	1.58	13.61
37.	1.28	11.10	2.72	1.49	0.37	3.21	1.05	9.09
38.	1.02	8.83	2.82	1.46	0.31	2.64	0.75	6.45
39.	0.79	6.86	2.78	1.42	0.24	2.06	0.51	4.40
40.	0.55	4.72	3.10	1.38	0.17	1.46	0.21	1.78
41.	1.68	14.50	2.91	1.56	0.43	3.68	1.54	13.29
42.	1.34	11.57	3.51	1.51	0.39	3.35	1.02	8.80
43.	0.93	8.01	1.84	1.43	0.27	2.33	0.77	6.65
44.	0.63	5.42	1.21	1.41	0.21	1.82	0.48	4.18
45.	0.54	4.66	2.00	1.40	0.19	1.66	0.29	2.49
46.	1.33	11.50	2.37	1.51	0.37	3.16	1.17	10.10
47.	0.78	6.76	3.33	1.43	0.25	2.19	0.41	3.51
48.	0.68	5.87	3.08	1.40	0.19	1.66	0.37	3.21
49.	0.61	5.29	2.70	1.39	0.17	1.48	0.35	2.99
50.	0.41	3.55	2.60	1.36	0.13	1.10	0.12	1.08
Jumlah rerata	52.44	453.06	185.76	72.59	14.14	122.20	35.93	310.40
	1.41	9.60	3.69	1.25	0.28	2.44	0.72	6.20

Tabel 2. Efisiensi Pemberian Air Irigasi

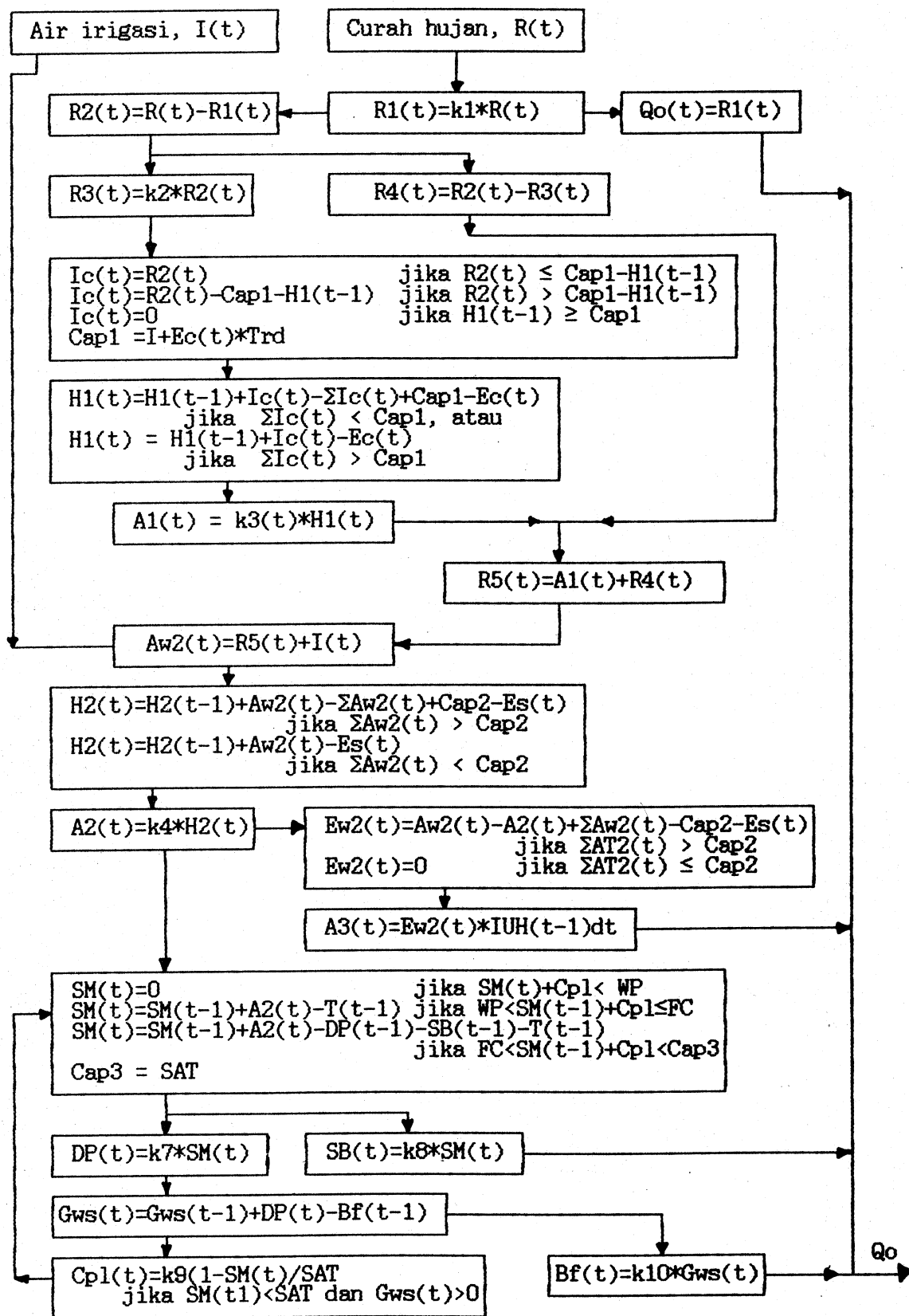
Hari ke	Pemberian Air		Kebutuhan Air		EFF (%)
	lt/dt/ha	mm	P (mm)	ETA(mm)	
1.	1.667	14.41	1.61	3.86	25.37
2.	1.107	9.56	1.46	3.61	35.43
3.	1.024	8.85	1.45	4.64	45.99
4.	0.858	7.41	1.41	4.97	57.56
5.	0.774	6.69	1.39	4.61	59.96
6.	1.698	14.67	1.54	4.98	29.70
7.	1.316	11.37	1.48	4.62	35.81
8.	1.009	8.72	1.43	3.93	41.14
9.	0.783	6.76	1.41	4.45	57.90
10.	0.633	5.47	1.38	4.10	66.82
11.	1.555	13.43	1.52	3.92	27.09
12.	1.232	10.64	1.48	3.99	34.29
13.	1.169	10.10	1.47	3.55	33.16
14.	0.908	7.85	1.43	3.30	40.29
15.	0.622	5.37	1.39	3.50	60.77
16.	1.603	13.85	1.54	4.45	28.87
17.	1.297	11.21	1.48	3.50	29.68
18.	0.838	7.24	1.42	4.29	52.68
19.	0.638	5.51	1.38	3.84	63.27
20.	0.612	5.29	1.38	3.74	64.72
21.	1.493	12.90	1.52	4.34	30.36
22.	1.229	10.62	1.47	4.89	33.74
23.	1.158	10.00	1.47	4.71	41.24
24.	0.879	7.59	1.41	3.90	46.75
25.	0.776	6.71	1.41	4.64	60.25
26.	1.699	14.68	1.54	4.39	26.98
27.	1.344	11.61	1.49	4.82	36.29
28.	1.131	9.77	1.45	4.66	41.83
29.	0.882	7.62	1.41	5.35	59.29
30.	0.660	5.70	1.37	3.48	56.89
31.	1.769	15.28	1.56	4.483	27.97
32.	1.350	11.67	1.48	4.93	36.72
33.	1.025	8.85	1.43	2.34	28.43
34.	0.759	6.55	1.42	3.32	48.34
35.	0.625	5.40	1.39	3.17	56.43
36.	1.742	15.05	1.56	3.21	21.19
37.	1.285	11.10	1.49	2.72	25.37
38.	1.022	8.83	1.46	2.82	32.33
39.	0.794	6.86	1.42	2.78	40.91
40.	0.546	4.72	1.38	3.10	63.44
41.	1.679	14.50	1.56	2.91	20.57
42.	1.340	11.57	1.51	3.51	28.96
43.	0.927	8.01	1.43	1.84	27.33
44.	0.627	5.42	1.41	1.21	32.22
45.	0.539	4.66	1.40	2.00	48.81
46.	1.331	11.50	1.51	2.37	22.57
47.	0.782	6.76	1.43	3.33	46.99
48.	0.679	5.87	1.40	3.08	50.95
49.	0.612	5.29	1.39	2.70	51.78
50.	0.411	3.55	1.36	2.60	74.56
Jumlah rerata	52.437	453.06	72.59	184.76	42.20
	1.049	9.60	1.45	3.69	



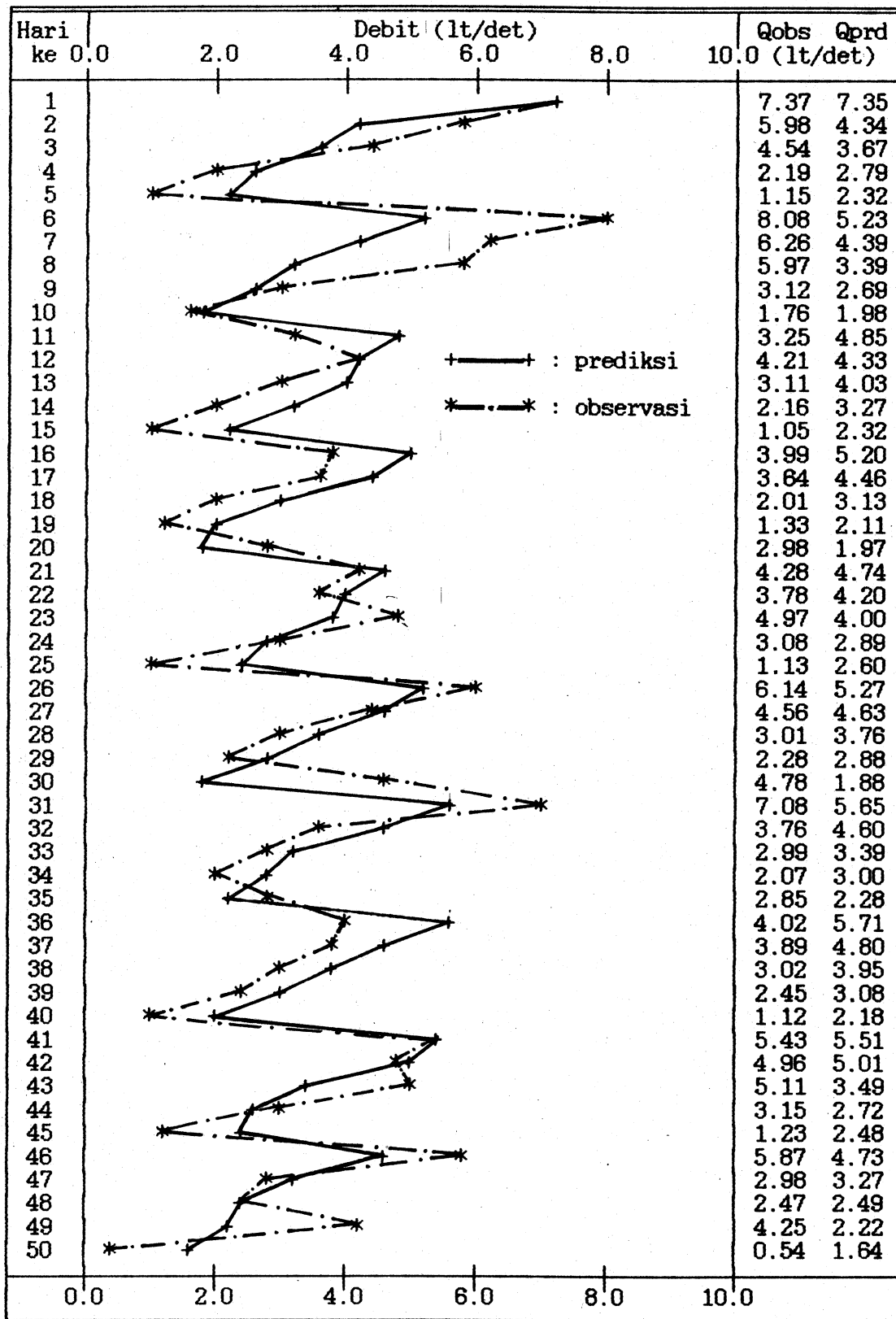
Gambar 1. Bentuk dan susunan tangki untuk lahan sawah beririgasi

Keterangan:

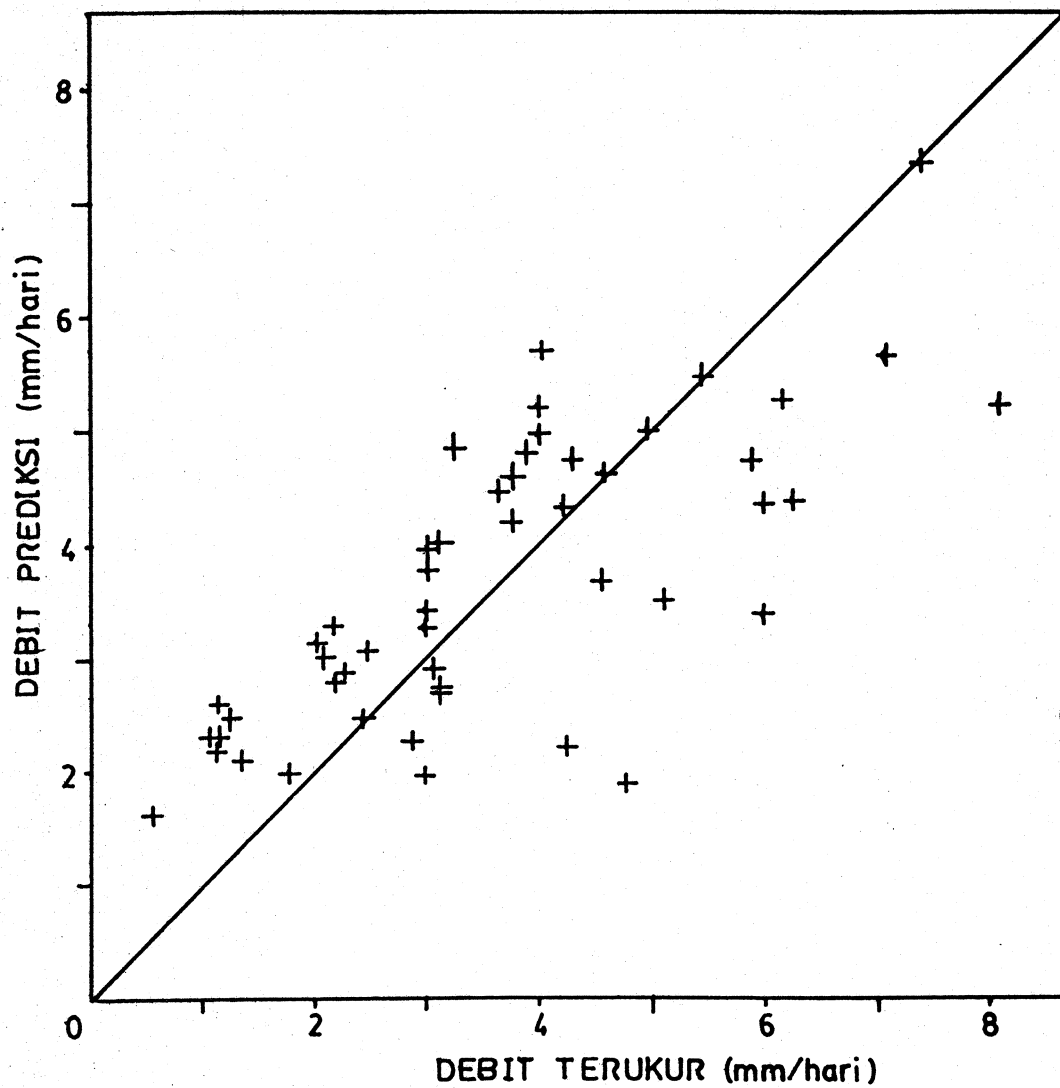
- R : hujan wilayah
- R1 : hujan yang langsung jatuh pada saluran pembuang
- R2 : hujan yang jatuh pada lahan
- R3 : hujan yang jatuh pada tajuk tanaman
- R4 : hujan yang jatuh langsung pada permukaan
- R5 : hujan yang sampai di permukaan tanah
- Trf : *troughfall* dan *stemflow*
- I : air irigasi
- Aw2 : tambahan air oleh hujan dan irigasi
- A2 : infiltrasi
- A3 : aliran permukaan
- ET : evapotranspirasi
- DP : perkolasi dalam (penambahan air tanah)
- SB : aliran bawah permukaan
- Cpl : aliran air kapilaritas
- Bf : aliran bawah tanah
- Qo : debit saluran pembuang



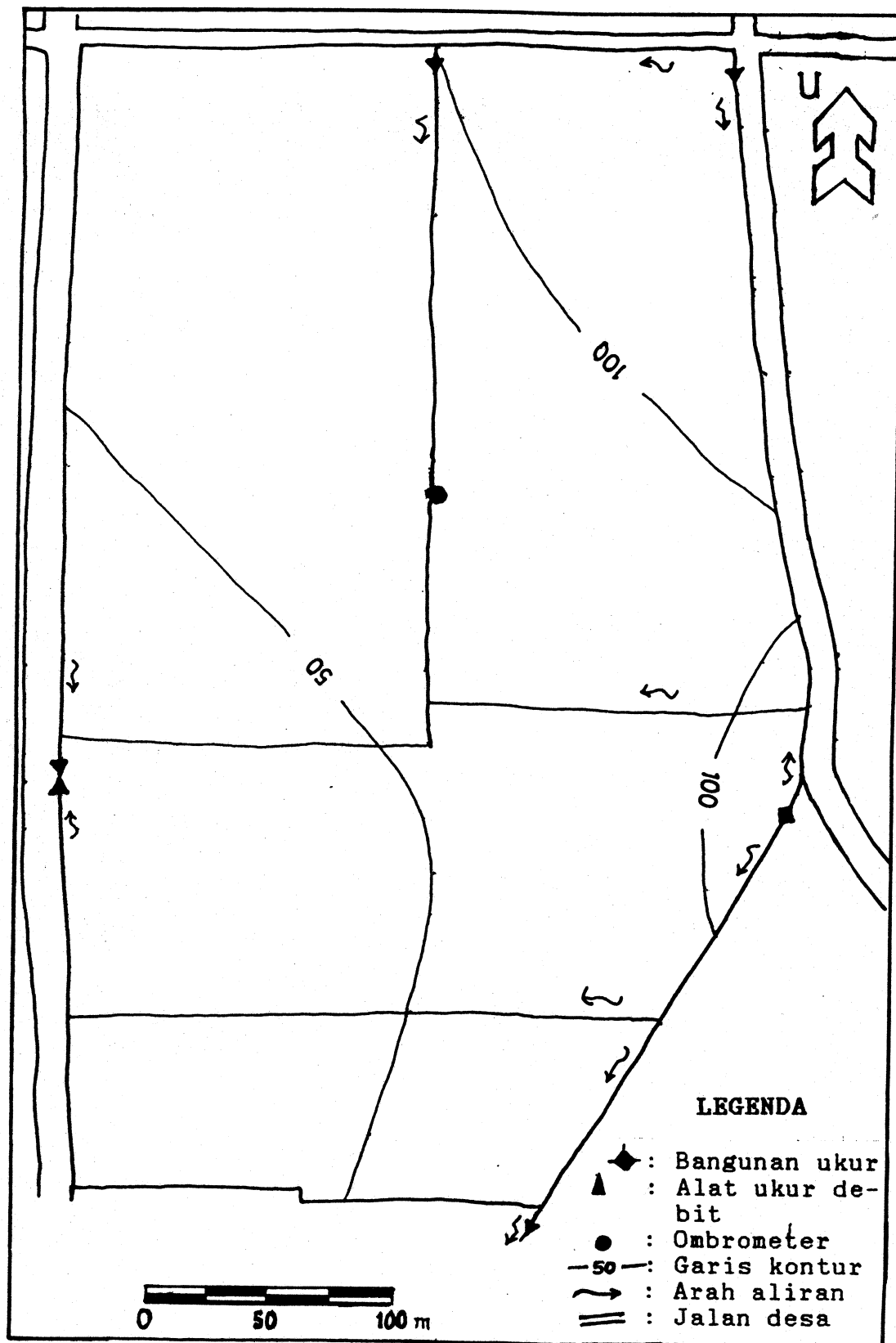
Gambar 2. Bagan alir model



Gambar 3. Hidrograf hasil prediksi dan observasi



Gambar 4. Diagram Scatter debit prediksi dan observasi



Gambar 5. Peta situasi dan topografi lahan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Hansen, VE., Orson W. Israelsen, and Glen E. Stringham, 1986. *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi*, terj. Endang Pipin T. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Linsley, RK, Max. A. Kohler, JLH. Paulhus. 1986. *Hidrologi Untuk Insinyur*, terj. Ir. Yandi Hermawan. Penerbit PT Erlangga, Jakarta.
- Nasution, Andi Hakim dan Barizi. 1980. *Metoda Statistika*. PT Gramedia, Jakarta.
- Powell, M.J.D. 1964. *An Efficient Method for Finding The Minimum Of Several Variables Without Calculating Derivatives*. Computer Journal, vol. 7. pp. 155 — 162.
- Pusposutardjo, S. 1982. *Growth and Yield Modeling of Irrigated Soybean and Peanut in Tropical Rain Monsoon Climate*. Thesis Ph.D. pada Utah State Univ. Logan, Utah, USA.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradya Paramita, Jakarta.
- Sudjarwadi. 1981. *Pengantar Teknik Irigasi*. Pusat Penerbitan Fak. Teknik-UGM, Yogyakarta.
- Sugawara, M., I. Watanabe, E. Ozaki, dan Y. Katsuyama. 1984. *Tank Model With Snow Component*, Research Notes of The National Research Center for Disaster Prefention No. 65, NRCDP, Japan.
- Sukirno. 1984. *Model Operasi Bukaan Pintu Sadap Untuk Mengontrol Sedimentasi, Studi Kasus Di Daerah Irigasi Dolok Kanan*, Thesis M.S. pada Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Susanto, Sahid. 1991. *Tropical Hydrology Simulation Model-1 for Watershed Management*. Thesis PhD. pada Kyoto Univ., Japan.
- Tomar, V.S., dan J.C. O'Toole. 1979. *Evapotranspirasi Padi Sawah, pada Irigasi, Perencanaan dan Pengelolaan*. Oleh Pasandaran (ed). PT Gramedia Jakarta.