

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Penyajian Data

Data-data yang dimasukkan (*input*) dalam program ini adalah data-data numerik dalam format tabel dengan n -data yang berupa tabel data hujan (P), tabel data evapotranspirasi (ET_o), dan tabel data debit terukur di lapangan (Q_{obs}). Kemudian hasil keluaran (*output*) dari program akan disajikan dalam format tabel perhitungan dan grafik data. Tabel perhitungan menyajikan data perhitungan lanjutan dari data yang dimasukkan (*input*). Sedangkan grafik data yang disajikan berupa grafik data hujan, grafik data debit terhitung, grafik data debit terukur dengan nilai-nilai yang sudah memenuhi syarat evaluasi model yang telah ditentukan.

5.1.1 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini berupa semua data parameter dan tahapan analisis dalam metode *RAINRUN* yang dimasukkan dalam algoritma pemrograman untuk menghitung dan menganalisis data-data masukan (*input*) sehingga diperoleh hasil keluaran (*output*).

5.1.2 Data Primer

Proses pembuatan program ini tidak menggunakan data primer dalam algoritma pemrogramannya, hanya saja dalam hal penggunaan, data masukan (*input*) dalam pemrograman ini adalah data yang diambil dari hasil pengamatan di lapangan (observasi). Namun, untuk mempermudah penggunaan dalam hal lain (sebagai sarana pembelajaran), juga dapat digunakan data yang dimodifikasi/dimanipulasi sesuai dengan tujuan pembelajaran. Validitas data masukan (*input*) tergantung dari pengambilan data di lapangan (observasi). Data masukan (*input*) harus dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* terlebih dahulu dengan format yang sudah ditentukan dalam ketentuan penggunaan program.

Data-data masukan (*input*) adalah berupa data hujan (*P*) dalam satuan mm, data evapotranspirasi (*ETo*) dalam satuan mm, dan data debit observasi (*Qobs.*) dalam satuan m³/detik. Jika satuan data masukan (*input*) masih dalam satuan yang berbeda, maka *user* program disarankan untuk mengkonversi terlebih dahulu satuan tersebut ke dalam satuan yang telah ditentukan.

5.2 Hasil Pemograman

5.2.1 Pemograman Komputer

Visual Basic adalah salah satu kompiler yang menggunakan bahasa pemrograman *Basic*. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Kompiler pemrograman *Visual Basic*, yang dikembangkan oleh *Microsoft* sejak tahun 1991, merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman *BASIC* (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. *Visual Basic* merupakan salah satu *development tool*, yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi *Windows* (Suryokusumo, 2000).

5.2.2 Struktur Program

Program dalam penelitian ini disusun dalam struktur pemograman dengan menggunakan 14 *form* dan 4 *module*, yaitu sebagai berikut:

Susunan *Form* :

- *Form1* (*Form Login*)
- *Form2* (*Form Menu Utama*)
- *Form3* (*Form Input Data Hujan Manual*)
- *Form4* (*Form Input Data ETo Manual*)
- *Form5* (*Form Input Data Debit Terukur Manual*)
- *Form6* (*Form Grafik Data Hujan*)
- *Form7* (*Form Grafik Data ETo*)
- *Form8* (*Form Grafik Data Debit Terukur*)
- *Form9* (*Form Perhitungan Awal*)
- *Form10* (*Form Optimasi Model RAINRUN*)

- *Form11 (Form Kalibrasi Model RAINRUN)*
- *Form12 (Form Verifikasi Model RAINRUN)*
- *Form13 (Form Simulasi Model RAINRUN)*
- *Form14 (Form Grafik Data Perhitungan Optimasi Model)*

Susunan *Module* :

- *Module1 (Module Import Excel Data Hujan)*
- *Module2 (Module Import Excel Data ETo)*
- *Module3 (Module Import Excel Data Debit Terukur)*
- *Module4 (Module Eksport File Perhitungan Program ke Excel)*

Adapun tampilan antar muka (*user interface*) masing-masing *form* dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.

1. *Form User Login*

Tampilan *form user login* dapat dilihat pada gambar 5.1 di bawah ini. Form ini hanya berisi untuk data pengguna (*user*) saja.

The screenshot shows a window titled "User Login" for the "Program Aplikasi Untuk Analisis Aliran Rendah". At the top center is the logo of Universitas Bangka Belitung. Below the logo, there is a digital clock showing the date "8/3/2016" and time "10:31:53". A dropdown menu is set to "Mahasiswa". The form contains two input fields: "NAMA" with the value "HERYANDHI ARDITA PUTRA" and "NO MHS" with the value "104 09 11 073". There are two buttons, "MASUK" and "KELUAR". At the bottom, there are two buttons labeled "Tentang Program" and "Tutorial Program". The footer of the window reads "JURUSAN TEKNIK SIPIL".

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.1 *User Interface Form1 (Form Login)*

2. Form Menu Utama

Tampilan *form* Menu Utama dapat dilihat pada gambar 5.2 di bawah ini. *Form* ini berisi input data DAS dan input data untuk data hujan, data evapotranspirasi dan data debit observasi.

Periode	Bulan	Jumlah Hari	P (mm)
1	Okt	31	23.1395845660877
2	Nov	30	147.92369336683
3	Des	31	311.532766179794
4	Jan	31	484.936859616522
5	Feb	28	506.929021028628
6	Mar	31	368.85561288224
7	Apr	30	187.269546727015
8	Mei	31	96.6180520231014
9	Jun	30	211.318045448411
10	Jul	31	44.6836380183192
11	Agt	31	0.122320381193618
12	Sept	30	1.54724953025569

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.2 User Interface Form2 (Form Menu Utama)

3. Form Input Data Hujan (Manual)

Tampilan *form* Input Data Hujan dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut ini. *Form* ini berisi tabel kosong untuk memasukkan data hujan secara manual.

Periode	Bulan	Jumlah Hari	P (mm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.3 User Interface Form3 (Form Input Data Hujan Manual)

4. *Form* Input Data Penguapan (Manual)

Tampilan *form* Input Data Penguapan dapat dilihat pada gambar 5.4 berikut ini. Fungsinya sama dengan *form* sebelumnya.

Periode	Bulan	Jumlah Hari	ETo (mm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.4 *User Interface* Form4 (*Form* Input Data Penguapan Manual)

5. *Form* Input Data Penguapan (Manual)

Tampilan *form* Input Data Penguapan dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut ini. Fungsinya sama dengan *form* sebelumnya.

Periode	Bulan	Jumlah Hari	Qobs. (m3/de)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

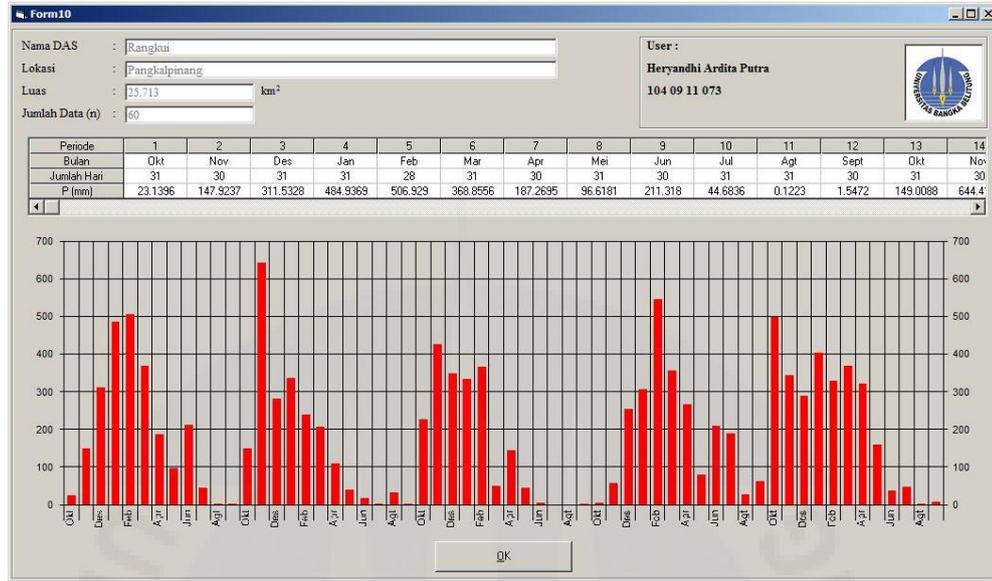
Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.5 *User Interface* Form5 (*Form* Input Data Debit Observasi Manual)

6. Form Grafik Data Hujan

Tampilan *Form Grafik Data Hujan* dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut ini.

Form ini menampilkan grafik dari data hujan yang dimasukkan di input data.



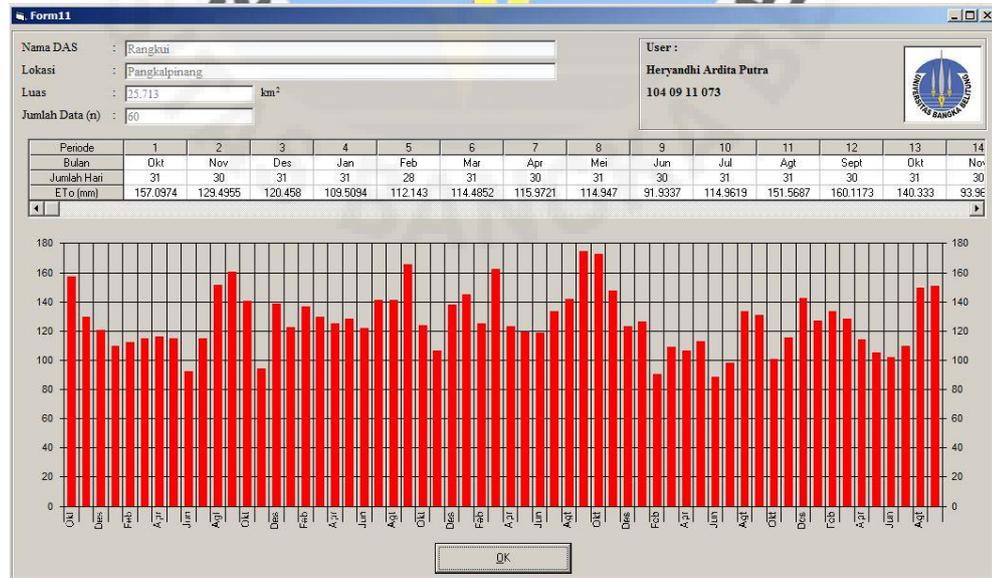
Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.6 User Interface Form6 (Form Grafik Data Hujan)

7. Form Grafik Data Penguapan

Tampilan *Form Grafik Data Penguapan* dapat dilihat pada gambar 5.7 berikut ini.

Form ini menampilkan grafik dari data penguapan yang dimasukkan di input data.

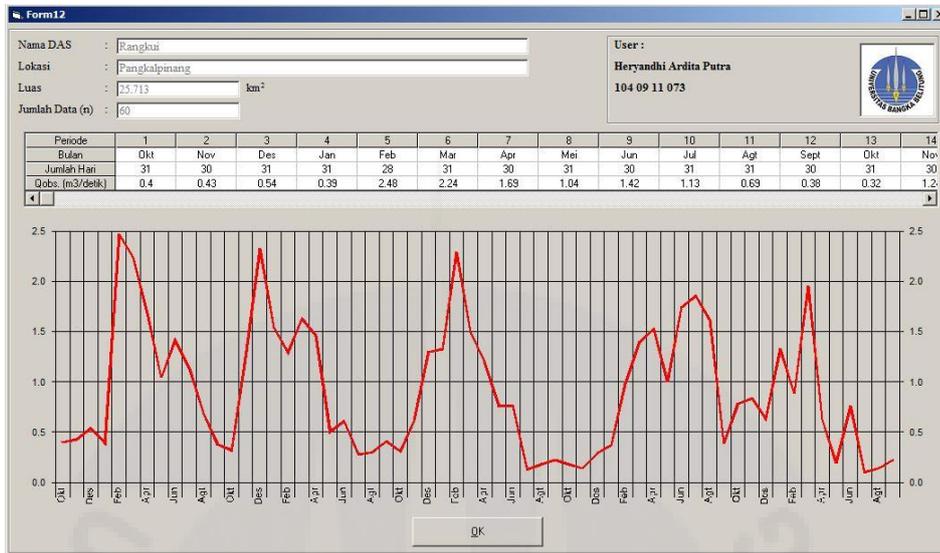


Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.7 User Interface Form7 (Form Grafik Data ETo)

8. Form Grafik Data Debit Observasi

Tampilan Form Grafik Data Debit dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut ini. Form ini menampilkan grafik dari data debit observasi yang dimasukkan di input data.

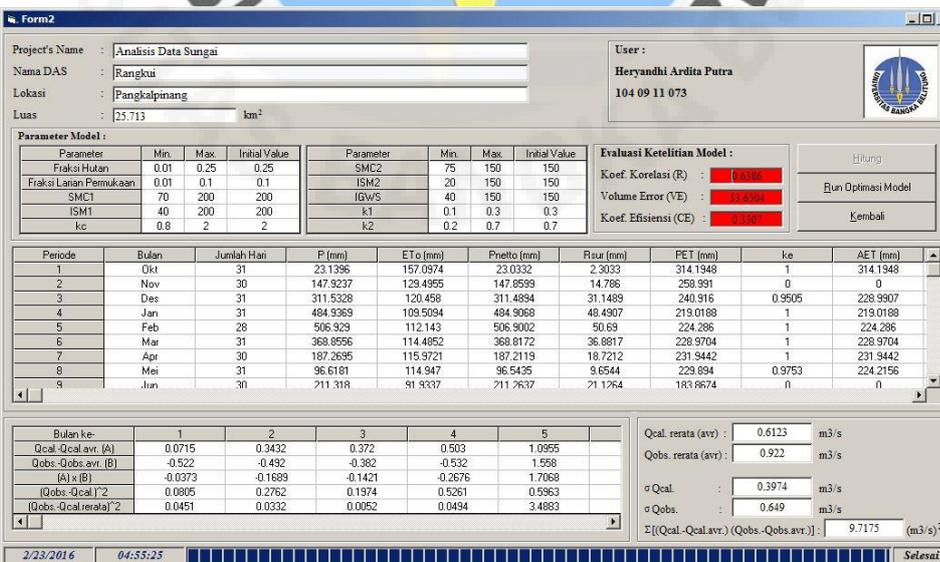


Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.8 User Interface Form8 (Form Grafik Data Debit Terukur)

9. Form Grafik Data Perhitungan Awal

Tampilan Form Grafik Data Perhitungan Awal dapat dilihat pada gambar 5.9 berikut ini. Form ini menampilkan hasil perhitungan analisis RAINRUN sesuai dengan rumus-rumus dalam analisis RAINRUN.



Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.9 User Interface Form9 (Form Perhitungan Awal)

10. Form Optimasi Model RAINRUN

Tampilan *Form Optimasi Model RAINRUN* dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut ini. *Form* ini menampilkan pilihan optimasi (kalibrasi, verifikasi dan simulasi) sesuai dengan peruntukannya optimasinya.

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.10 User Interface Form10 (*Form Optimasi Model RAINRUN*)

11. Form Kalibrasi Model RAINRUN

Tampilan *Form Optimasi Model RAINRUN* dapat dilihat pada gambar 5.11 berikut ini. Pada *form* ini, semua parameter akan dioptimasi dengan menggunakan kombinasi *solver excel* dengan *solving method evolutionary* pada *solver*-nya. Tampilan *solver*-nya memang sama dengan tampilan *solver* pada *Microsoft Excel*, hanya saja pada aplikasi ini, *solving* dapat dilakukan hanya dengan menekan tombol “*SOLVING*” yang ada di dalamnya.

Parameter DAS	Satuan	Simbol	Hasil Optimasi	Initial Value	min	max
Luas DAS	km ²	A	25.713			
Fraksi hutan	-	α_h	0.010		0.01	0.5
Fraksi larian permukaan	-	α	0.024		0.01	1
Kapasitas air tertekan (Soil Moisture Capacity 1)	mm	SMC1	30.000		30	250
Initial Soil Moisture 1	mm	ISM1	240.845		50	250
Faktor tumbuhan	-	k_c	1.576		0.8	2.5
Kapasitas air bebas zona atas (Soil Moisture Capacity 2)	mm	SMC2	199.588		75	200
Initial Soil Moisture 2	mm	ISM2	34.419		20	200
Initial Ground Water Storage	mm	IGWS	99.517		40	200
koefisien penyurutan tampungan air bebas zona atas	-	k_1	0.111		0.1	0.5
koefisien penyurutan simpanan air tanah	-	k_2	0.652		0.2	1

Parameter DAS	Satuan	Min	Max	Hasil Optimasi
Luas DAS	km2			25.713
Fraksi Hutan	-	0.01	0.5	0.01
Fraksi Larian Permukaan	-	0.01	1	0.024
SMC1	mm	30	250	30.000
ISM1	mm	50	250	240.845
k_c	-	0.8	2.5	1.576
SMC2	mm	75	200	199.588
ISM2	mm	20	200	34.419
IGWS	mm	40	200	99.517
k_1	-	0.1	0.5	0.111
k_2	-	0.2	1	0.652

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.11 User Interface Form11 (*Form Kalibrasi Model RAINRUN*)

12. Form Verifikasi Model RAINRUN

Tampilan *Form Verifikasi Model RAINRUN* dapat dilihat pada gambar 5.12 berikut ini. Pada *form* ini, nilai parameter hasil optimasi dimasukkan ke perhitungan kembali menggunakan data lanjutan dari data yang dikalibrasi.

Periode	Bulan	Jumlah Hari	P (mm)	E To (mm)	Pnetto (mm)	Rsur (mm)	PET (mm)	kc	AET (mm)
1	Okt	31	23.1386	157.0574	23.1353	0.5322	247.4284	1	247.4284
2	Nov	30	147.9237	129.4955	147.9211	3.4022	203.9554	0.785	160.105
3	Des	31	311.5328	120.458	311.5311	7.1653	189.7214	0.043	8.158
4	Jan	31	484.9369	109.5034	484.9357	11.1535	172.4773	1	172.4773
5	Feb	28	506.929	112.143	506.9278	11.6594	176.6252	1	176.6252
6	Mar	31	368.8556	114.4852	368.8541	8.4827	180.3142	1	180.3142
7	Apr	30	187.2695	115.9721	187.2672	4.3072	182.6561	1	182.6561
8	Mei	31	96.6181	114.947	96.6151	2.2222	181.0415	1	181.0415
9	Jun	30	211.318	91.9337	211.3158	4.8603	144.7956	0	0
10	Jul	31	44.6836	114.9619	44.6799	1.0277	181.065	1	181.065
11	Agt	31	0.1223	151.5687	0.1151	0.0029	238.7207	0	0
12	Sept	30	1.5472	160.1173	1.5411	0.0386	252.1847	0.0053	1.3366
13	Okt	31	149.0088	140.333	149.0063	3.4272	221.0245	0.0134	2.9617

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.12 User Interface Form13 (*Form Verifikasi Model RAINRUN*)

13. Form Simulasi Model RAINRUN

Tampilan *Form Simulasi Model RAINRUN* dapat dilihat pada gambar 5.12 berikut ini. Pada *form* ini, nilai parameter hasil optimasi dimasukkan ke dalam perhitungan kembali menggunakan semua data hujan yang diinput di awal.

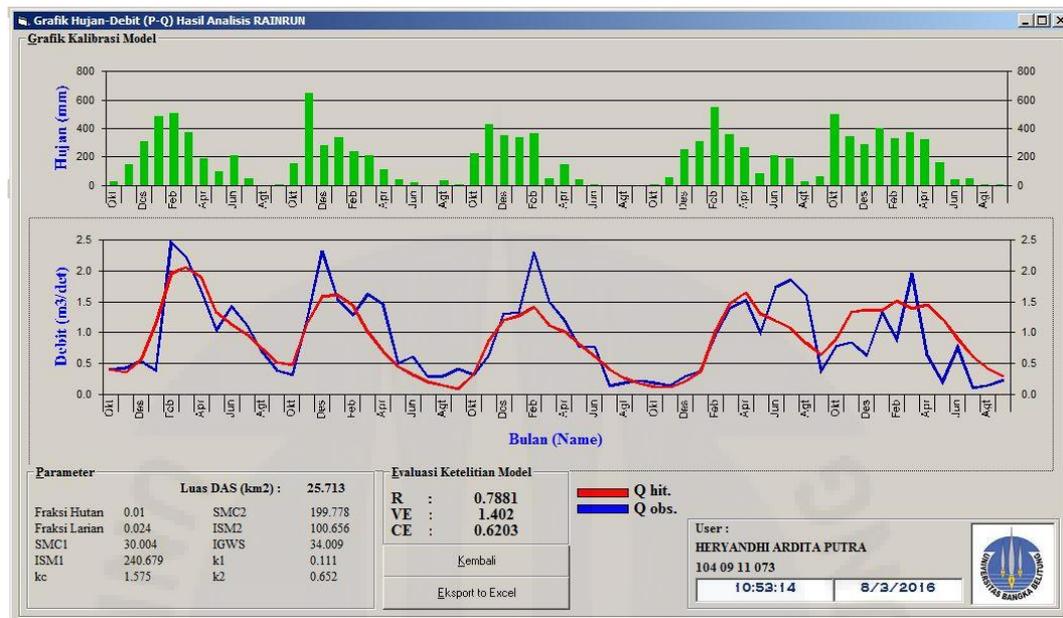
Periode	Bulan	Jumlah Hari	P (mm)	E To (mm)	Pnetto (mm)	Rsur (mm)	PET (mm)	kc	AET (mm)
1	Okt	31	23.1386	157.0574	23.1353	0.5554	247.4284	1	247.4284
2	Nov	30	147.9237	129.4955	147.9211	3.5502	203.9554	0.7802	159.126
3	Des	31	311.5328	120.458	311.5311	7.4768	189.7214	0.0776	14.7224
4	Jan	31	484.9369	109.5034	484.9357	11.6385	172.4773	1	172.4773
5	Feb	28	506.929	112.143	506.9278	12.1663	176.6252	1	176.6252
6	Mar	31	368.8556	114.4852	368.8541	8.8525	180.3142	1	180.3142
7	Apr	30	187.2695	115.9721	187.2672	4.4945	182.6561	1	182.6561
8	Mei	31	96.6181	114.947	96.6151	2.2189	181.0415	1	181.0415
9	Jun	30	211.318	91.9337	211.3158	5.0716	144.7956	0	0
10	Jul	31	44.6836	114.9619	44.6799	1.0724	181.065	1	181.065
11	Agt	31	0.1223	151.5687	0.1151	0.0029	238.7207	0	0
12	Sept	30	1.5472	160.1173	1.5411	0.0371	252.1847	0.0053	1.3366
13	Okt	31	149.0088	140.333	149.0063	3.5762	221.0245	0.0133	2.9396

Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.13 User Interface Form14 (*Form Simulasi Model RAINRUN*)

14. Form Grafik Hujan-Debit Hasil Analisis RAINRUN

Tampilan Form Grafik Data Debit dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut ini. Form ini menampilkan grafik data debit dan hujan yang diperoleh dari hasil akhir analisis RAINRUN yang telah dilakukan.



Sumber : Hasil Penelitian

Gambar 5.14 User Interface Form14 (Form Grafik Hujan-Debit Hasil Analisis RAINRUN)

5.2.3 Algoritma Pemrograman

Algoritma Pemrograman atau kode program (*pseudo code*) dalam program ini selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

5.3 Tahapan Penggunaan Program

Tahapan pengoperasian program ini dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur berikut ini.

1. Semua input data numerik (angka) dalam keseluruhan program ini menggunakan standar internasional, yaitu menggunakan tanda titik untuk menunjukkan nilai desimal.
2. Pengisian form Login dapat dilakukan dengan memilih/mengklik pilihan tipe user dalam combo box yang telah disediakan dalam program ini, yang terdiri

dari “Mahasiswa” dan “Dosen”. Untuk pilihan tipe *user* “Mahasiswa” akan muncul 2 *textbox* kosong, yaitu *textbox* untuk pengisian Nama *User* dan NIM yang dapat diisi dengan tipe data *string* (huruf) ataupun angka (jika identitas *user* tidak ingin diketahui). Sedangkan untuk pilihan tipe *user* “Dosen” akan muncul 1 *textbox* kosong yang dapat diisi dengan tipe data *string* (huruf) ataupun angka (jika identitas *user* tidak ingin diketahui) untuk pengisian Nama *User* saja. Selanjutnya tinggal mengklik tombol MASUK jika ingin melanjutkan penggunaan program, atau KELUAR jika ingin mengakhiri penggunaan program.

3. Setelah melakukan pengisian data pada *form Login*, selanjutnya akan muncul tampilan Menu Utama dari program ini yang merupakan *form* untuk pengisian data input hujan (*P*), data evapotranspirasi (*ETo*) dan data debit terukur (*Qobs.*). Untuk pengisian input data hujan (*P*), data evapotranspirasi (*ETo*) dan data debit terukur (*Qobs*) dapat dilakukan dengan dua pilihan. Pilihan pertama dapat dilakukan dengan menggunakan menu *Browse File* yang terdapat dalam menu File → *Input Data* → *Browse File* dalam program. *File* yang dapat dibaca oleh “*browse file*” adalah *file Excel 97-2003 Worksheet* berekstensi (*.xls). Untuk *file excel 2007* atau yang terbaru berekstensi (*.xlsx) maka diharuskan untuk mengkonversi *file* terlebih dulu ke ekstensi (*.xls) dengan cara meng-*Save As file* dari *Ms. Excel 2007* atau yang terbaru, kemudian rubah ekstensi *file* pada pilihan *file type* menjadi *Excel 97-2003 Worksheet (*.xls)*. Pilihan kedua dapat dilakukan dengan menggunakan “*input data manual*” yang dapat diakses dalam menu File → *Input Data* → *Input Data Manual* pada program. *User* dapat mengisikan data hujan, data evapotranspirasi dan data debit terukur pada *form input data manual* yang telah disediakan apabila *user* tidak ingin menginput data dari *Microsoft Excel*.
4. Pada *form Menu Utama* terdapat tombol Tampilkan Data Hujan, Tampilkan Data Penguapan, dan Tampilkan Data Debit Terukur. Ketiga tombol ini memiliki fungsi yang sama, yaitu untuk membuka tampilan baru yang menyajikan grafik data dari input data (hujan, penguapan, dan debit terukur)

yang telah dimasukkan. Untuk mengembalikan tampilan ke *Menu Utama* dapat dilakukan dengan mengklik tombol *OK* atau tombol *close* (x) pada *form* Grafik Data (hujan, penguapan atau debit terukur).

5. Selanjutnya, setelah semua data telah di-*input*, dengan mengklik tombol *OK* maka akan muncul tampilan *form perhitungan awal*. Untuk melakukan perhitungan dapat dilakukan dengan cara mengklik tombol *Hitung* yang tersedia pada *form perhitungan awal*, tunggu beberapa saat sampai perhitungan selesai dilakukan. Pada *form* ini, parameter *RAINRUN* awal perhitungan diambil berdasarkan buku terjemahan Kondisi Hidrologi Di Indonesia karya Rob van der Wert (1994) dan difokuskan pada nilai-nilai maksimum berdasarkan buku tersebut. Nilai-nilai tersebut dapat diubah sesuai dengan keinginan *user* (selanjutnya akan dijelaskan pada *form* berikutnya).
6. Sebagaimana dengan beberapa pemodelan hidrologi lainnya, hal yang paling penting diperhatikan adalah tentang evaluasi ketelitian model. Program ini dibuat untuk mencari nilai-nilai parameter *RAINRUN* yang mendekati angka-angka standard yang mengacu pada evaluasi ketelitian model, yaitu nilai korelasi (*R*) dan *volume error* (*VE*). Dalam program ini, nilai evaluasi ketelitian model dapat dilihat pada *form* Perhitungan Awal dimana akan ditampilkan hasil perhitungan evaluasi ketelitian model di samping parameter model. Perhitungan akan dilanjutkan pada optimasi model dengan cara mengklik tombol *Run Optimasi Model* sehingga akan muncul tampilan *form* baru yang menampilkan *form* Optimasi Model *RAINRUN*. Namun, jika ada kesalahan dalam menginput data hujan, data penguapan atau data debit observasi, *user* dapat mengklik tombol *Kembali* di bawah tombol *Run Optimasi Model* sehingga perhitungan pada *form* Perhitungan Awal akan di-*reset* kembali menjadi perhitungan kosong dan dapat digunakan lagi untuk menghitung kembali data-data baru yang di-*input*.
7. Setelah mengklik tombol *Run Optimasi Model*, program akan menampilkan *form* Optimasi Model *RAINRUN* yang terdiri dari beberapa *frame* yang berisi:

- *Frame1* : data sungai yang diinput
- *Frame2* : data *user* program, variasi jam dan tanggal
- *Frame3* : parameter *RAINRUN default* dari *form* sebelumnya
- *Frame4* : parameter *RAINRUN* optimasi yang di-input sendiri
- *Frame5* : evaluasi ketelitian model
- *Frame6* : tabel perhitungan *RAINRUN*

Pada *form* ini, *user* akan memilih untuk melakukan kalibrasi, verifikasi dan simulasi pada model yang akan dianalisis dengan cara mengklik *combo box* yang tersedia. *Combo box* akan menampilkan 3 pilihan optimasi (kalibrasi, verifikasi dan simulasi) dan *user* dapat memilih sesuai dengan kebutuhan. Kemudian, untuk menampilkan perhitungan sebelumnya, *user* dapat mengklik tombol *Load Perhitungan Sebelumnya* di bawah *combo box* yang tadi. Sebelum melakukan optimasi, *user* diharuskan untuk mengisi terlebih dahulu parameter yang ada di *frame4* (cukup mengisi nilai minimum dan maksimum saja, dan tidak boleh diisi dengan angka nol ataupun dikosongkan).

Pengisian nilai minimum dan maksimum adalah bertujuan untuk membantu program untuk membatasi rentang nilai sehingga dapat *solving* nilai-nilai parameter agar diperoleh nilai parameter yang optimal dan mendekati kondisi yang sebenarnya. Selanjutnya, hanya tinggal mengklik tombol *Run Optimasi* sehingga program akan memproses nilai parameter yang dimasukkan tadi dan menampilkan nilai-nilai parameter yang sudah *solve* dari perhitungan evaluasi ketelitian model (pada *frame5*) ke dalam baris kotak *Hasil Optimasi* pada *frame4*.

Apabila ingin mengambil hasil perhitungan optimasi pada baris kotak *Hasil Optimasi (frame4)*, *user* cukup mengklik tombol *Ambil Hasil Opt.* pada *form* ini dan angka-angka pada baris kotak *frame3* akan berganti menjadi angka-angka pada baris kotak *frame4*, dan baris kotak *frame4* akan kembali kosong. *User* juga dapat mengisi kembali baris kotak yang kosong tersebut dengan perkiraan nilai-nilai parameter yang dirasa lebih baik dari nilai-nilai parameter sebelumnya. Sama seperti *form* sebelumnya, pada *form* ini juga

terdapat tombol Kembali yang memiliki fungsi yang sama dengan *form-form* sebelumnya, yaitu me-reset kembali perhitungan di *form* ini sehingga dapat digunakan kembali untuk perhitungan yang baru. Pada *form* ini terdapat form Keluar yang berfungsi untuk menutup program. Pada *form* ini juga, terdapat tombol Tampilkan Grafik Optimasi yang berfungsi agar menampilkan *form* baru untuk melihat grafik data hujan yang disandingkan dengan grafik data debit observasi dan debit hasil perhitungan *RAINRUN*.

Apabila user ingin meng-*export* perhitungan ke dalam *file excel (.xls)*, cukup dengan mengklik tombol Export to Excel dan program akan meng-*copy* perhitungan ke dalam tampilan *Microsoft Excel* secara otomatis dan menampilkannya.

5.4 Algoritma Sistem

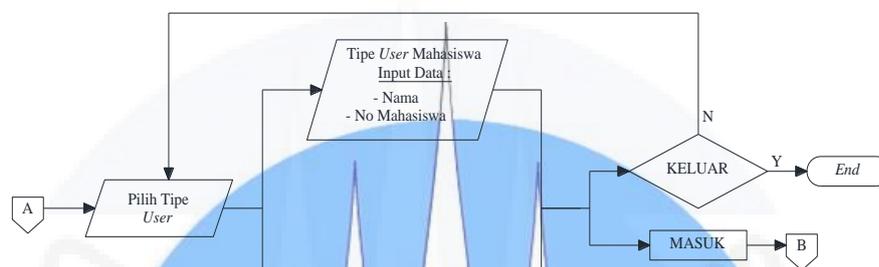
Algoritma sistem dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan *flowchart form* yang berisi tahap-tahap penyelesaian masalah (prosedur) beserta aliran data agar lebih mudah dipahami. Algoritma sistem dalam penelitian ini terdiri dari beberapa *flowchart form* sebagai berikut:

- Algoritma Sistem *form Login* (A)
- Algoritma Sistem *form Menu Utama* (B)
- Algoritma Sistem *Input Data Manual* (C)
- Algoritma Sistem Grafik Data (D)
- Algoritma Sistem Analisis *RAINRUN* (E)
- Algoritma Sistem Optimasi Model (F)
- Algoritma Sistem Kalibrasi Model (G)
- Algoritma Sistem Verifikasi Model (H)
- Algoritma Sistem Simulasi Model (I)
- Algoritma Sistem Grafik Hujan-Debit (P-Q) Hasil Analisis *RAINRUN* (J)

Beberapa dari algoritma sistem tersebut diantaranya ada yang saling berhubungan satu sama lain sehingga pada penggambaran *flowchart*-nya terdapat beberapa bagian yang terputus (terhenti), namun bukan berarti berakhir. Hal ini disimbolkan dengan gambar (\triangle) terbalik disertai dengan huruf abjad di dalamnya

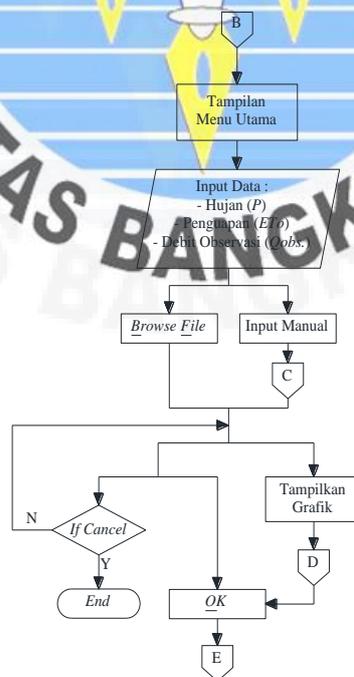
sesuai dengan simbol huruf pada masing-masing algoritma sistem yang ada. Fungsinya adalah agar siklus pemrograman tetap saling berhubungan satu sama lain dan mencegah terjadinya *debug (error running)* pada saat menjalankan program. Sementara untuk melihat bahwa algoritma sistem berakhir disimbolkan dengan gambar () yang disertain tulisan “End” di dalamnya. Semua algoritma sistem dalam pemrograman ini dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.

1. Algoritma Sistem *form Login (A)*



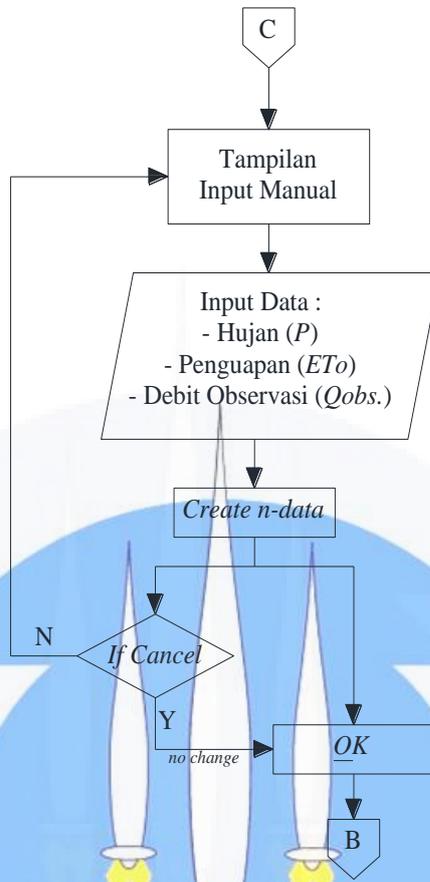
Gambar 5.15 *Flowchart form Login*

2. Algoritma Sistem *form Menu Utama (B)*



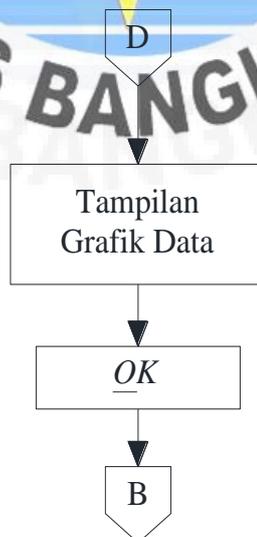
Gambar 5.16 *Flowchart form Menu Utama*

3. Algoritma Sistem *Input Data Manual* (C)



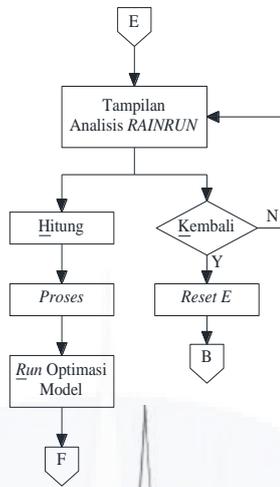
Gambar 5.17 *Flowchart Input Data Manual*

4. Algoritma Sistem *Grafik Data* (D)



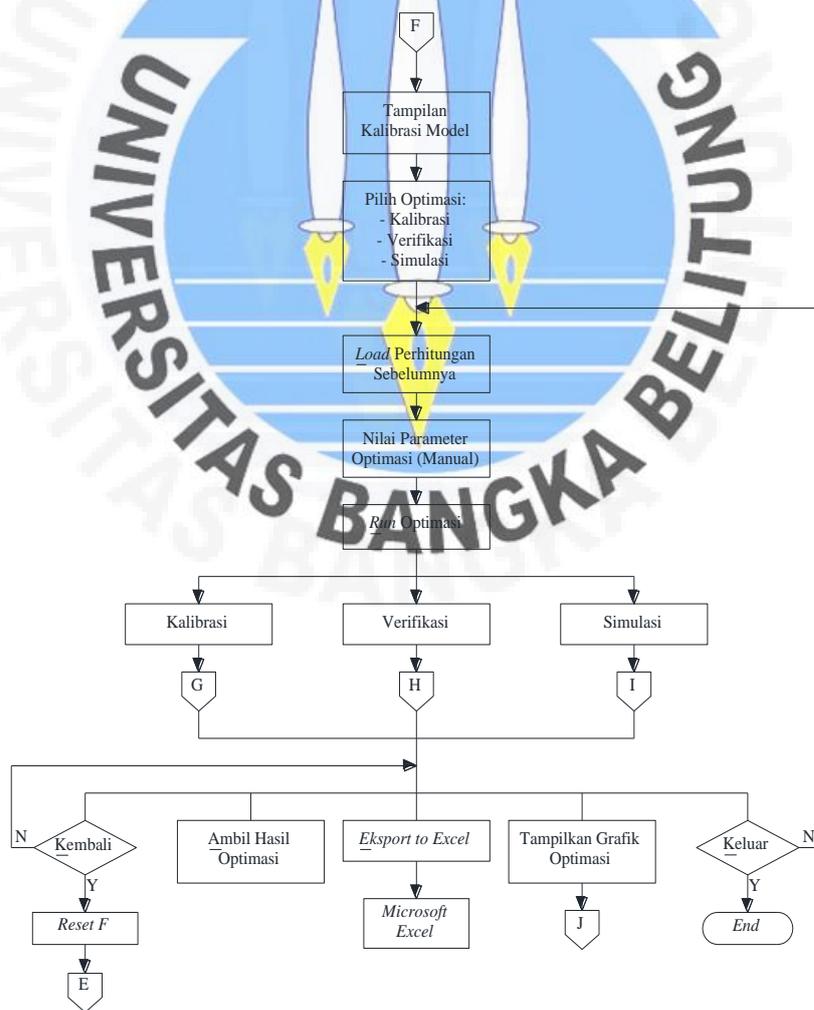
Gambar 5.18 *Flowchart Grafik Data*

5. Algoritma Sistem Analisis *RAINRUN* (E)



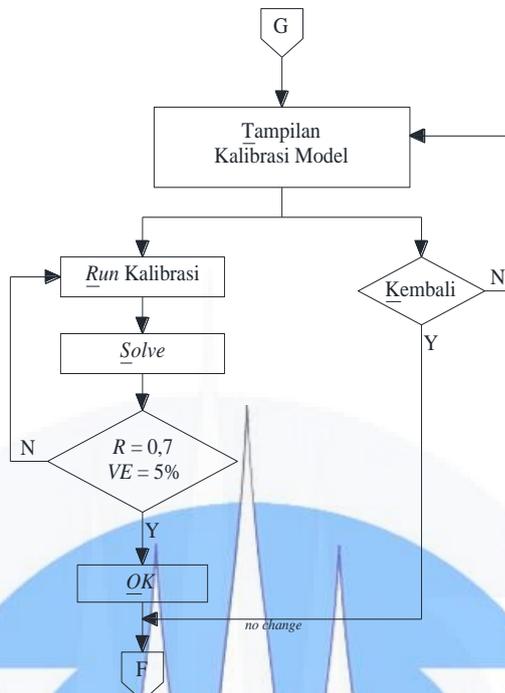
Gambar 5.19 Flowchart Analisis *RAINRUN*

6. Algoritma Sistem Optimasi Model (F)



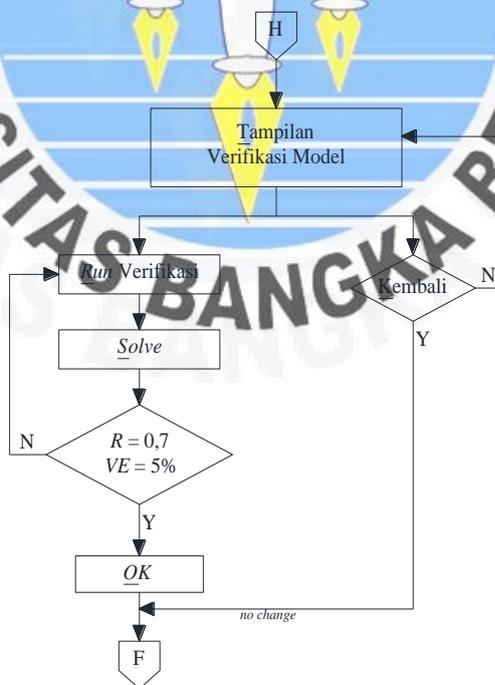
Gambar 5.20 Flowchart Optimasi Model

7. Algoritma Sistem Kalibrasi Model (G)



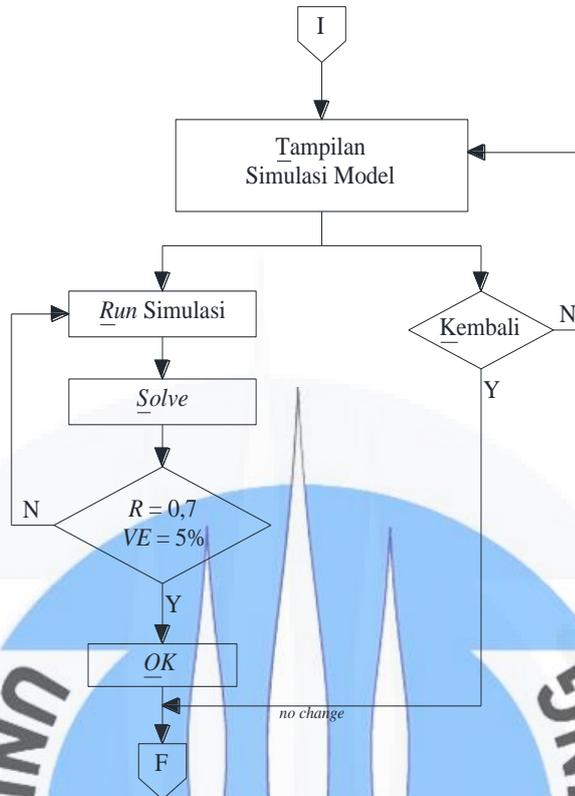
Gambar 5.21 Flowchart Kalibrasi Model

8. Algoritma Sistem Verifikasi Model (H)



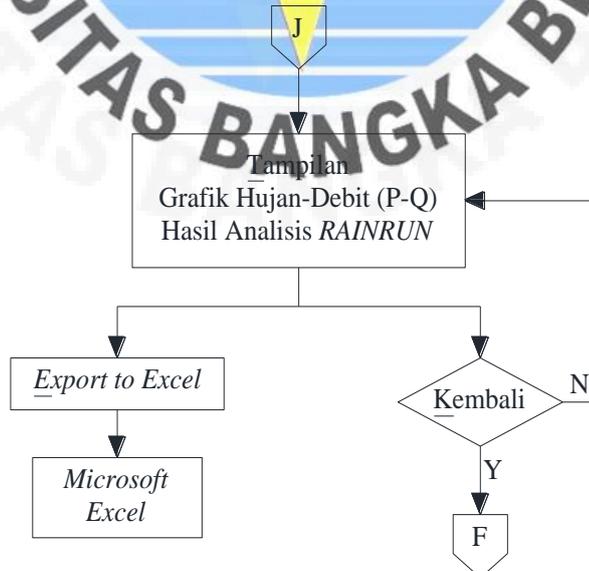
Gambar 5.22 Flowchart Verifikasi Model

9. Algoritma Sistem Simulasi Model (I)



Gambar 5.23 Flowchart Simulasi Model

10. Algoritma Sistem Grafik Hujan-Debit (P-Q) Hasil Analisis RAINRUN (J)



Gambar 5.24 Flowchart Grafik Hujan-Debit (P-Q) Hasil Analisis RAINRUN

5.5 Penerapan Program Pada Kasus

Suatu pemodelan yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman pada dasarnya haruslah memiliki suatu pengujian (validasi) untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat akan dapat berjalan dengan baik atau tidak. Maka dari itu, pada penelitian ini juga diperlukan suatu contoh kasus untuk menguji apakah aplikasi yang telah dibuat dapat berjalan dengan semestinya. Untuk itu, contoh kasus yang akan diterapkan pada aplikasi buatan dalam penelitian ini akan diambil dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Wiwin Nanti (2007), yaitu pada DAS Gajahwong dan DAS Winongo di Yogyakarta. Wiwin Nanti (2007) menganalisis unjuk kerja model *RAINRUN* dan *NRECA* pada kedua DAS tersebut dan membandingkannya. Namun, karena pengujian validitas aplikasi yang dibuat ini adalah untuk pertama kali, maka sebagai batasan dalam penelitian ini, penulis hanya menggunakan satu DAS saja, yaitu DAS Gajahwong yang berada di sta. Papringan yang dijadikan sebagai contoh kasus. Data-data yang terdapat pada DAS Gajahwong ini kemudian akan dianalisis dengan menggunakan aplikasi yang sudah dibuat.

5.5.1 Data Masukan

Data yang dibutuhkan dalam penerapan program sebagai data masukan pada model hujan-limpasan *RAINRUN* adalah data hujan, evapotranspirasi, debit terukur dan luas DAS. Sebagai validasi program diambil dari DAS Gajahwong di Papringan yang memiliki luas DAS sebesar 25.713 km^2 untuk menguji validasi model yaitu model hidrologi dan juga metode optimasinya.

Data curah hujan yang akan digunakan pada penerapan aplikasi ini sebagai data sekunder untuk validasi diambil dari stasiun klimatologi di Papringan dari tahun 1994 sampai dengan 2004 dengan alasan bahwa data tersebut memiliki panjang tahun data yang cukup panjang (lebih dari 5 tahun). Data curah hujan tersebut kemudian akan menjadi input data pada aplikasi yang akan diuji validitasnya. Data selanjutnya yang menjadi data masukan dalam aplikasi untuk validasi adalah data evapotranspirasi (*ET_o*). Pada DAS Gajahwong data evapotranspirasi menggunakan data evapotranspirasi dari tahun 1994 sampai

dengan 2004 dengan jumlah data yang sama dengan data curah hujan. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Rata-Rata Bulanan DAS Gajahwong di Papingan (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1994	412.76	474.55	730.59	247.59	50.22	0	0	0	0	23.14	147.92	311.53
1995	484.94	506.93	368.86	187.27	96.62	211.32	44.68	0.12	1.55	149.01	644.42	282.39
1996	335.72	237.9	206.4	107.48	39.12	16.56	0.3	31.51	0.71	226.1	427.01	348.97
1997	333.34	366.5	49.21	144.62	42.82	4.27	0	0	0.18	2.52	55.95	253.33
1998	305.63	545.76	357.38	266.71	78.41	208.27	189.35	25.92	60.73	498.58	342.88	289.61
1999	402.49	328.17	368.28	322.15	158.49	35.97	47.43	1.07	6.84	160.54	313.94	342.26
2000	256.92	470.28	334.43	357.94	113.32	45.21	7.42	15.14	3.69	242.04	374.1	149.81
2001	397.02	299.81	522.5	270.98	132.31	129.49	24.83	0.99	9.22	441.76	293.82	218.2
2002	479.96	500.91	241.57	251.51	106.06	1.35	2.76	0	0	5.46	203.69	256.5
2003	294.63	396.28	391.45	84.21	134.8	20.91	0	0	3.72	33.2	168.38	252.66
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5.2 Data Evapotranspirasi DAS Gajahwong di Papingan (mm)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1994										157.1	129.5	120.5
1995	109.5	112.1	114.5	116	114.9	91.9	115	151.6	160.1	140.3	94	138.7
1996	122.5	136.4	129.2	124.8	128	121.7	141	140.8	165.6	123.9	106.6	138.2
1997	145	125.1	162	123.1	119.4	118.8	133.5	142	174.3	172.5	147.7	123.4
1998	126.2	90.3	108.8	106.2	113	88.6	98.3	133.6	130.7	100.5	115.2	142.6
1999	127.2	133.4	128.1	113.9	105.2	102	109.7	149.6	150.7	128.8	112.5	118
2000	133.8	105.8	134.1	107.9	110	105.8	127.4	129.7	151.5	121.3	105.2	149.4
2001	124.5	154.7	104.7	89.1	103.5	91.8	115.8	134.9	142.7	99.8	110.7	130.3
2002	106.4	100.8	119.4	107.5	107.7	104.4	114.3	143	166.6	170.2	126.3	127.7
2003	121.3	94.3	100	120.6	105.9	109.6	136.3	145	146.7	148.1	121.6	117.6
2004	107.4	114.8	112.5	126.3	104	104.2	104.1	124.2	153.4	83.4	70.5	68.2

5.5.2 Hasil Analisa Aplikasi *Visual Basic*

Proses kalibrasi parameter dilakukan dengan menggunakan data pada tahun awal data (1994 – 1999), dan untuk data tahun berikutnya digunakan untuk uji verifikasi (1999 – 2004). Sedangkan uji verifikasi dilakukan untuk menguji apakah nilai parameter karakteristik hidrologi DAS yang ditinjau merupakan nilai yang cukup representatif untuk DAS tersebut. Uji verifikasi dilakukan dengan menghitung model *RAINRUN* dengan nilai parameter yang sudah didapat pada tahun data diluar tahun data yang digunakan untuk kalibrasi. Proses perhitungan dan analisis *RAINRUN* dengan *Visual Basic* dapat dilihat pada lampiran.

1. Hasil kalibrasi parameter model *RAINRUN*

Pada penggunaan aplikasi *Visual Basic* yang dibuat dalam penelitian ini untuk sta. Papringan, parameter karakteristik DAS Gajahwong hasil kalibrasi seperti yang terlihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Nilai parameter karakteristik DAS Gajahwong hasil kalibrasi dengan *Visual Basic*

Parameter	Satuan	Hasil Kalibrasi
Luas DAS	km ²	0.041
Fraksi hutan	-	0.024
Fraksi larian permukaan	-	70.000
Kapasitas air tertekan (<i>Soil Moisture Capacity 1</i>)	mm	168.787
<i>Initial Soil Moisture 1</i>	mm	1.488
Faktor tumbuhan	-	149.830
Kapasitas air bebas zona atas (<i>Soil Moisture Capacity 2</i>)	mm	46.694
<i>Initial Soil Moisture 2</i>	mm	78.299
<i>Initial Ground Water Storage</i>	mm	0.100
koefisien penyurutan tampungan air bebas zona atas	-	0.653
koefisien penyurutan simpanan air tanah	-	0.041

Sumber : Hasil Penelitian

Dan untuk evaluasi ketelitian model pada hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Evaluasi ketelitian model hasil kalibrasi dengan *Visual Basic*

Ketelitian hasil	Visual Basic
	DAS Papringan
Kesalahan volume (<i>VE</i>)	3.2597%
Koefisien korelasi (<i>R</i>)	0.7736
Koefisiensi Efisiensi (<i>CE</i>)	0.595

Sumber : Hasil Penelitian

2. Hasil verifikasi parameter model *RAINRUN*

Setelah diperoleh nilai-nilai parameter karakteristik DAS dari hasil kalibrasi model. Maka, untuk melakukan verifikasi model melalui penerapan aplikasi *Visual Basic* yang dibuat dalam penelitian ini untuk sta. Papringan, parameter karakteristik DAS Gajahwong, evaluasi ketelitian model pada hasil verifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Evaluasi ketelitian model hasil verifikasi dengan *Visual Basic*

Ketelitian hasil	Visual Basic
	DAS Papringan
Kesalahan volume (<i>VE</i>)	-21.1279%
Koefisien korelasi (<i>R</i>)	0.7921
Koefisiensi Efisiensi (<i>CE</i>)	0.5579

Sumber : Hasil Penelitian

3. Hasil simulasi parameter model *RAINRUN*

Selanjutnya adalah simulasi, dimana parameter karakteristik DAS yang sudah dilakukan kalibrasi sebelumnya akan digunakan kembali untuk perhitungan dengan menggunakan seluruh data curah hujan dan data evapotranspirasi yang ada (dari tahun 1994 sampai dengan 2004). Hasil dari simulasi parameter ini dapat dilihat dari nilai evaluasi ketelitian model pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Evaluasi ketelitian model hasil simulasi dengan *Visual Basic*

Ketelitian hasil	Visual Basic
	DAS Papringan
Kesalahan volume (<i>VE</i>)	13.598%
Koefisien korelasi (<i>R</i>)	0.7758
Koefisiensi Efisiensi (<i>CE</i>)	0.5773

Sumber : Hasil Penelitian

5.6 Evaluasi Hasil Percobaan

Model *RAINRUN* merupakan pendekatan dari suatu proses yang sesungguhnya terjadi di alam, sehingga dalam proses simulasi selalu terdapat penyimpangan dan hal tersebut tidak dapat dihindari, namun penyimpangan

tersebut menjadi tidak wajar jika nilainya cukup besar dan tidak lagi dapat ditolerir. Upaya untuk mencapai hasil optimum yang merupakan tujuan dari optimasi dilakukan pada tahap kalibrasi. Kalibrasi merupakan proses penyesuaian parameter karakteristik DAS pada model yang berpengaruh pada kejadian di alam. Salah satu tolok ukur dari keberhasilan kalibrasi yaitu jika parameter yang di dapat diterapkan dalam proses verifikasi maka akan mempunyai hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil kalibrasi dalam hal koefisien korelasi (R), koefisien efisiensi (CE) ataupun volume kesalahannya (VE).

Evaluasi atas unjuk kerja program komputer *Visual Basic* dan *solver excel* dapat dilihat pada data hasil validasi program dilakukan dengan tinjauan pada koefisien korelasi, koefisien efisiensi dan kesalahan volume antara keduanya pada proses kalibrasi, verifikasi dan simulasi seperti ditampilkan pada Tabel 5.7 berikut ini.

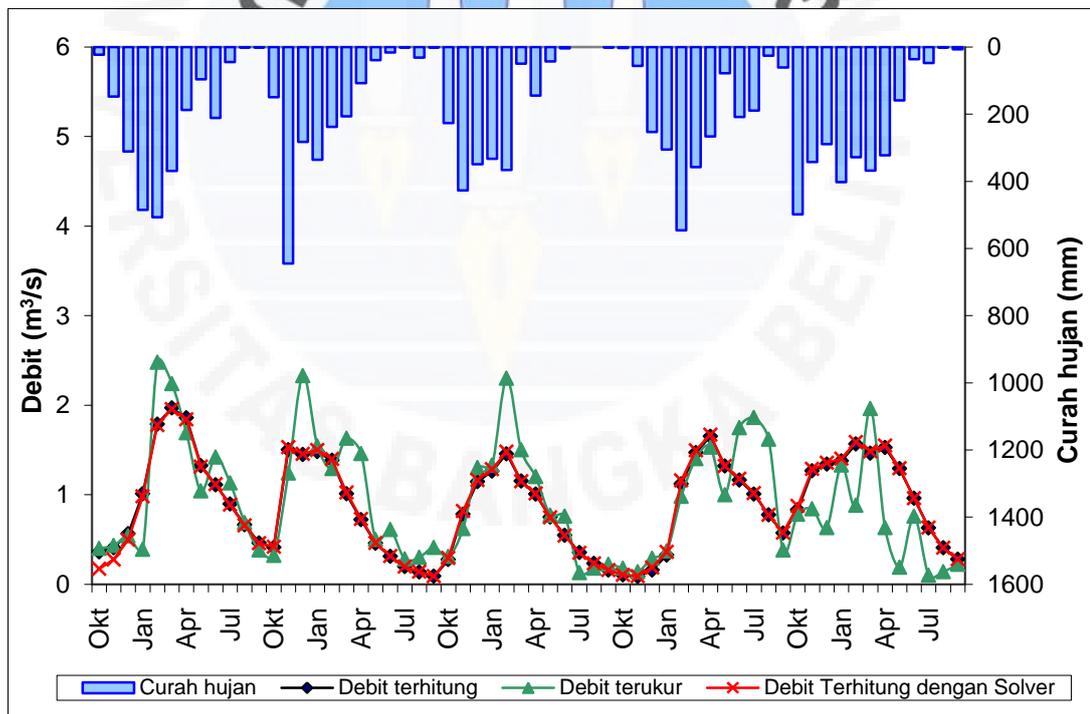
Tabel 5.7 Perbandingan unjuk kerja Pemodelan dengan *Visual Basic* dan *Solver Microsoft Excel*

Fungsi Tujuan	DAS Gajahwong	
	<i>Solver Excel</i>	<i>Visual Basic</i>
Koefisien Korelasi		
a. Kalibrasi.	0.772	0.7736
b. Verifikasi.	0.809	0.7921
c. Simulasi.	0.778	0.7758
Kesalahan Volume		
a. Kalibrasi.	3.391%	3.2597%
b. Verifikasi.	-21.438%	-21.1279%
c. Simulasi	13.230%	13.598%
Koefisien Efisiensi		
a. Kalibrasi.	0.592	0.595
b. Verifikasi.	0.529	0.5579
c. Simulasi.	0.566	0.5773

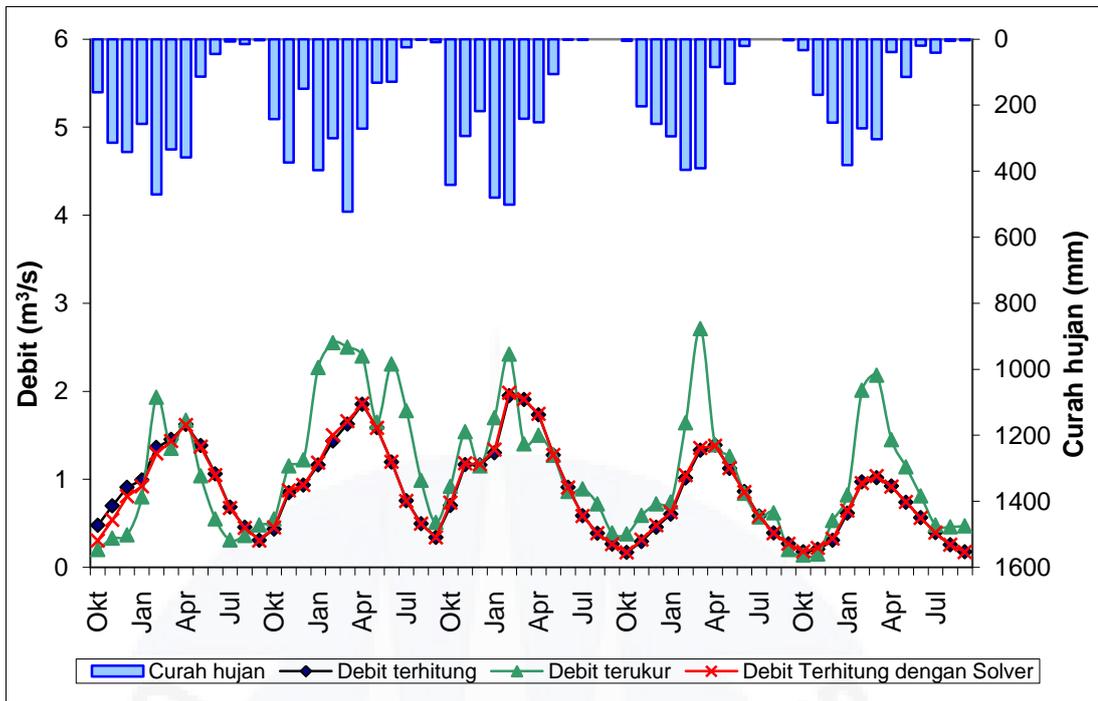
Sumber : Wiwin Nanti (2007) dan Hasil Penelitian

Secara umum dapat dilihat baik pada proses kalibrasi, verifikasi maupun simulasi, *Visual Basic* menghasilkan nilai koefisien korelasi yang cenderung lebih rendah, namun pada nilai koefisien efisiensi yang cenderung lebih besar dibanding dengan *solver excel* dengan metode *GRG-Non Linear*. Hal ini terjadi karena

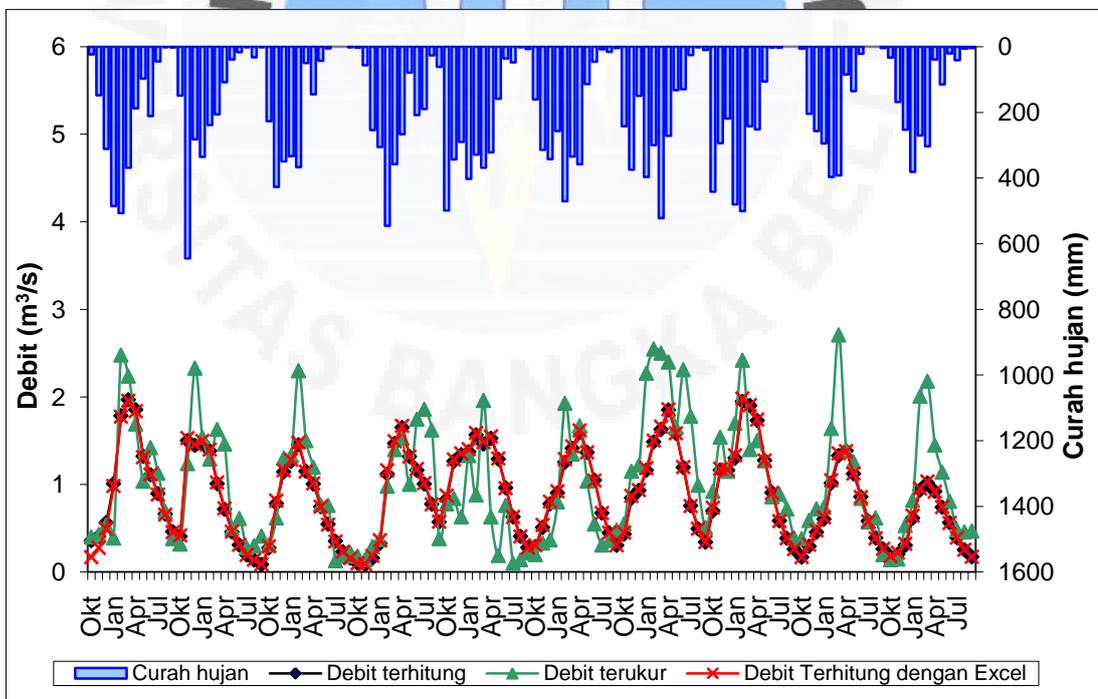
dalam proses optimasi pada aplikasi yang dibuat di *Visual Basic* menggunakan *solver excel* juga, namun bedanya ada pada metode *solving* yang terdapat pada *Microsoft Excel*. *Solving method* yang dipilih penulis sebagai acuan dalam pengkoneksian data input dengan *solver excel* adalah dengan *solving method* “*evolutionary*”. Di dalam menu *solver* di *Microsoft Excel*, terdapat 3 pilihan metode *solving*, diantaranya *GRG Non-Linear*, *Simplex LP* dan *evolutionary*. Penulis memilih metode *solving* tersebut dikarenakan akan memungkinkan terpilihnya variasi lebih besar dari nilai solusi karena iterasi dilakukan berulang kali dengan nilai yang dicobakan juga berbeda-beda. Perbedaan perhitungan antara aplikasi yang dibuat menggunakan *Visual Basic* dan dengan menggunakan *Microsoft Excel* yang telah dianalisis adalah tidak terlalu jauh, meskipun perhitungan dengan excel lebih menghasilkan hasil yang lebih optimal. Berikut adalah grafik hasil analisis DAS Gajahwong yang dilakukan dengan *Visual Basic* dan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 5.25 Grafik hasil kalibrasi DAS Gajahwong dengan menggunakan aplikasi *Visual Basic* dan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 5.26 Grafik hasil verifikasi DAS Gajahwong dengan menggunakan aplikasi *Visual Basic* dan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 5.27 Grafik hasil simulasi DAS Gajahwong dengan menggunakan aplikasi *Visual Basic* dan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.