



PANDUAN PEMODELAN KINERJA DAERAH ALIRAN SUNGAI MENGUNAKAN *GENRIVER*

Lisa Tanika, Betha Lusiana, Erwidodo, Henri Perkasa

World Agroforestry (ICRAF)

PANDUAN
**PEMODELAN KINERJA
DAERAH ALIRAN SUNGAI
MENGUNAKAN *GENRIVER***

Lisa Tanika, Betha Lusiana, Erwidodo, Henri Perkasa

World Agroforestry (ICRAF)

Sitasi

Tanika L, Lusiana B, Erwidodo, Perkasa H. 2022. *Panduan Pemodelan Kinerja Daerah Aliran Sungai Menggunakan GenRiver*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF) Program Indonesia.

Ketentuan dan Hak Cipta

World Agroforestry (ICRAF) memegang hak cipta atas publikasi dan halaman webnya, namun memperbanyak untuk tujuan non-komersial dengan tanpa mengubah isi yang terkandung di dalamnya diperbolehkan. Pencantuman referensi diharuskan untuk semua pengutipan dan perbanyak tulisan dari buku ini. Pengutipan informasi yang menjadi hak cipta pihak lain tersebut harus dicantumkan sesuai ketentuan. Link situs yang ICRAF sediakan memiliki kebijakan tertentu yang harus dihormati. ICRAF menjaga database pengguna meskipun informasi ini tidak disebarluaskan dan hanya digunakan untuk mengukur kegunaan informasi tersebut.

Informasi yang diberikan ICRAF, sepengetahuan kami akurat, namun kami tidak memberikan jaminan dan tidak bertanggung jawab apabila timbul kerugian akibat penggunaan informasi tersebut. Tanpa pembatasan, silakan menambah link ke situs kami www.worldagroforestry.org pada situs anda atau publikasi.

World Agroforestry (ICRAF)

Program Indonesia

Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang
Bogor 16115 [PO Box 161 Bogor 16001] Indonesia
Tel: +(62) 251 8625 415 ; Fax: +(62) 251 8625416
Email: icrafindonesia@cgiar.org
www.worldagroforestry.org/country/Indonesia
www.worldagroforestry.org/agroforestry-world

Tata Letak: Muhammad Azizy

2022

PENGANTAR

Panduan ini disusun untuk membantu pengguna (*users*) menggunakan model GenRiver khususnya untuk aplikasi di DAS Citarum Hulu. Model GenRiver yang digunakan sebagai contoh secara khusus telah dikalibrasi menggunakan data-data DAS Citarum Hulu. Dengan menggunakan panduan ini, pengguna model dapat belajar untuk:

- 1 Menginstall file-file yang dapat digunakan untuk menjalankan model
- 2 Menjalankan model GenRiver dan memahami keluaran yang dihasilkan
- 3 Memahami data hidroklimatologi yang diperlukan sebagai input model GenRiver dan proses uji kualitas data yang perlu dilakukan
- 4 Mengetahui proses analisa data berdasarkan keluaran yang dihasilkan GenRiver
- 5 Mengetahui cara mengubah input parameter untuk menjalankan skenario intervensi di DAS Citarum Hulu

Dengan memahami langkah-langkah di atas, pengguna model bisa memperoleh gambaran proses yang perlu dilakukan untuk menerapkan model di DAS yang baru termasuk data-data yang diperlukan.

Persyaratan penting bagi pengguna agar dapat menggunakan model GenRiver dengan baik adalah tidak mudah putus asa. Berani melakukan kesalahan, karena cara tercepat untuk piawai dalam menggunakan model adalah belajar dari kesalahan. Pengguna juga dapat belajar dari berbagai publikasi yang berisi hasil-hasil studi yang menggunakan model Genriver, tercantum di bagian akhir panduan dan dapat diunduh secara bebas di ICRAF website.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	iii
INFORMASI UMUM	1
1.1. OVERVIEW	1
1.2. MINIMUM REQUIREMENT	3
1.3. KOMPONEN MODEL GENRIVER	3
INPUT	5
2.1. CURAH HUJAN (RAIN DATA)	6
2.2. EVAPORASI (EVAPORATION)	6
2.3. DEBIT (RIVER FLOW DATA)	7
2.4. INFORMASI DAS (SUBCATCHMENT INFORMATION)	8
2.5. TUTUPAN LAHAN (LAND COVER DATA)	8
2.6. JENIS TANAH (SOIL PROPERTIES)	10
2.7. KEMIRINGAN/ELEVASI (SLOPE)	12
2.8. KEGIATAN KONSERVASI (CONSERVATION ACTION)	13
2.9. RIPARIAN AREA	14
MENJALANKAN GENRIVER MODEL	15
3.1. IMPORT DATA INPUT	15
3.2. MENJALANKAN MODEL GENRIVER	16
3.3. EXPORT DATA OUTPUT	17
PARAMETERISASI, KALIBRASI DAN VALIDASI	19
4.1. PARAMETERISASI & KALIBRASI MODEL	19
4.2. VALIDASI MODEL	20
ANALISIS HASIL	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter-parameter yang biasa dilakukan parameterisasi dan kalibrasi	19
Tabel 2. Indikator statistika untuk proses validasi dan evaluasi model	20
Tabel 3. Contoh kriteria dan indikator fungsi hidrologi yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan hasil simulasi Model GenRiver	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Inti model GenRiver yang merupakan gabungan dari neraca air di tingkat sub-DAS menjadi tingkat DAS.....	1
Gambar 2. Tahapan pemodelan GenRiver model.....	2
Gambar 3. Tampilan utama model Genriver di STELLA 9.1.4	3
Gambar 4. Tampilan isi 'Input Section' dalam STELLA (Kiri) dan 'Run & Output Section' (kanan).....	4
Gambar 5. Tampilan isi 'Model Structure' dalam STELLA	4
Gambar 6. Menu Excel Options.....	5
Gambar 7. Tampilan menu Macro Settings.....	5
Gambar 8. Tampilan isian data curah hujan harian	6
Gambar 9. Input data evaporasi bulanan.....	6
Gambar 10. Input data evaporasi harian	7
Gambar 11. Input data debit harian	7
Gambar 12. Input data informasi Sub-DAS.....	8
Gambar 13. Tampilan utama halaman data tutupan lahan	8
Gambar 14. Input data untuk tahun transisi tutupan lahan	9
Gambar 15. Input data tipe tutupan lahan dan atributnya.....	9
Gambar 16. Input data fraksi perubahan tutupan lahan.....	10
Gambar 17. Tampilan utama halaman Data Tanah	10
Gambar 18. Input data fisik dan kimia tanah.....	11
Gambar 19. Input data area tanah dan kedalaman tanah	11
Gambar 20. Input data Slope (%) untuk masing-masing tipe tutupan lahan di masing-masing Sub-DAS	12

Gambar 21. Input data fraksi luasan area untuk masing-masing kelas slope.....	13
Gambar 22. Input data bobot kegiatan konservasi untuk masing-masing tipe tutupan lahan di masing-masing sub-DAS.....	14
Gambar 23. Input data untuk fraksi tree-based system in the riparian area.....	14
Gambar 24. Tampilan menu import data dalam GenRiver.STM.....	15
Gambar 25. Tampilan halaman Run & Output Section dalam GenRiver.STM.....	16
Gambar 26. Tabel 'Model Performance & Watershed Indicator' hasil simulasi model GenRiver.....	17
Gambar 27. Tampilan input section yang berisi berbagai input dalam bentuk angka tunggal (single value) yang mungkin diperlukan dalam proses parameterisasi dan kalibrasi.....	20
Gambar 28. Contoh double mass-curve (Contoh kasus DAS Citarum).....	21
Gambar 29. Perubahan aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar sebagai hasil perubahan tutupan lahan (contoh kasus DAS Citarum).....	24
Gambar 30. Perubahan erosi hasil simulasi model GenRiver (contoh kasus DAS Citarum).....	24

INFORMASI UMUM

1.1. OVERVIEW

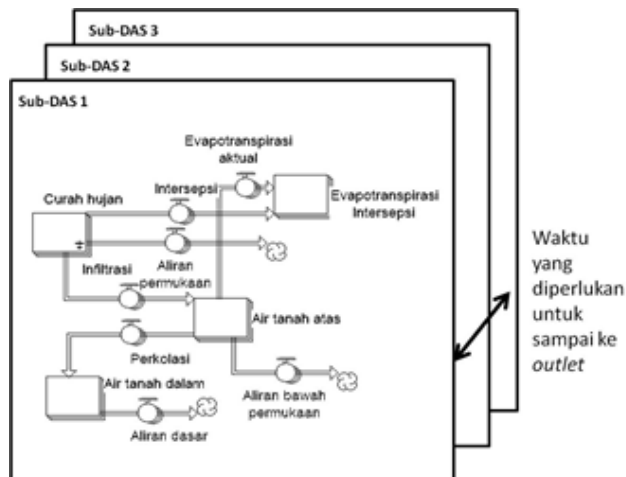
GenRiver adalah suatu model hidrologi sederhana yang didasarkan pada persamaan keseimbangan neraca air yang terdiri dari curah hujan/presipitasi (P), evapotranspirasi (E), debit air (Q) dan air yang disimpan di dalam tanah (ΔS) (Persamaan 1).

$$P = Q + E + \Delta S \quad [1]$$

Lebih lanjut, debit air dapat dibagi menjadi 3 komponen yaitu aliran permukaan (surface flow/runoff) (Q_s), aliran bawah permukaan (sub-surface flow) (Q_{ss}) dan aliran bawah tanah (baseflow) (Q_b), sehingga Persamaan 1 dapat diturunkan menjadi Persamaan 2.

$$P = (Q_s + Q_{ss} + Q_b) + E + \Delta S \quad [2]$$

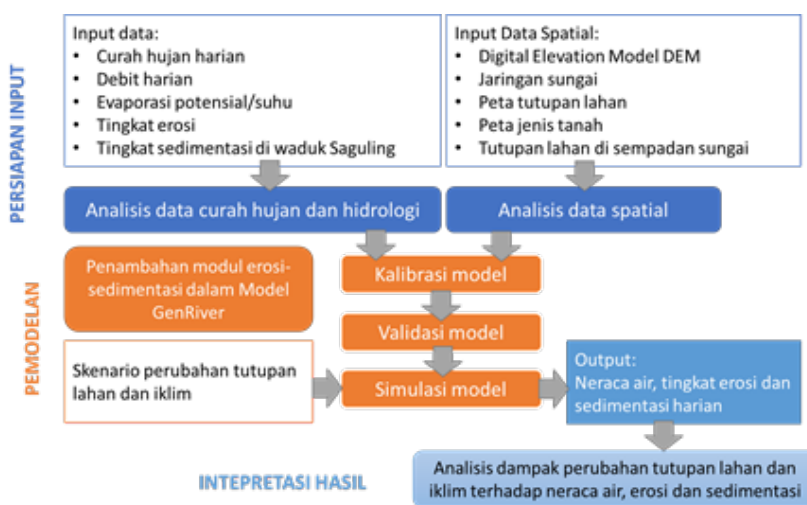
Inti dari model GenRiver adalah neraca air pada tingkat plot yang dipengaruhi oleh curah hujan, jenis tutupan lahan dan karakter tanah, yang selanjutnya dibawa ke tingkat bentang lahan (landscape) dengan memasukkan jaringan sungai (Gambar 1). Jaringan sungai ini akan menentukan jarak suatu plot (atau sub-DAS) ke muara akhir, yang selanjutnya akan memengaruhi waktu tempuh/aliran air dari lokasi tersebut ke muara akhir.



Gambar 1. Inti model GenRiver yang merupakan gabungan dari neraca air di tingkat sub-DAS menjadi tingkat DAS

Terdapat tiga tahapan dalam melakukan pemodelan hidrologi menggunakan model GenRiver untuk memenuhi tujuan penelitian ini (Gambar 2).

- 1 Persiapan input model GenRiver. Tahap ini merupakan persiapan semua input yang diperlukan untuk mensimulasikan model GenRiver+ termasuk proses pengumpulan dan analisis data. Penambahan input yang signifikan dalam model GenRiver+ ini adalah pengolahan data slope dan perubahan tutupan lahan di riparian area di masing-masing sub-DAS.
- 2 Pemodelan hidrologi menggunakan Model GenRiver. Tahap pemodelan GenRiver+ ini dimulai dengan penambahan modul erosi dan sedimentasi. Selanjutnya diikuti dengan tahap kalibrasi dan validasi model. Kalibrasi merupakan suatu proses penyesuaian beberapa nilai parameter (parameterisasi) dalam model dengan tujuan agar hasil simulasi menyerupai kondisi DAS sebenarnya (Kobolt 2008). Nilai-nilai parameter yang disesuaikan pada umumnya merupakan parameter yang sulit untuk dilakukan pengukuran seperti tingkat infiltrasi, kapasitas maksimum tanah, kekasaran sungai, dan lain-lain. Validasi merupakan proses perbandingan antara debit hasil simulasi model dengan debit sebenarnya atau pengukuran di lapangan. Setelah tahap kalibrasi dan validasi selesai, tahap selanjutnya adalah mensimulasikan berbagai skenario perubahan tutupan lahan untuk melihat dampaknya terhadap neraca air.
- 3 Interpretasi model. Tahap ini merupakan tahap akhir, di mana kita membandingkan hasil simulasi berbagai skenario perubahan tutupan lahan dan iklim. Keluaran dari tahap ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam membuat rencana pengelolaan DAS di masa depan.



Gambar 2. Tahapan pemodelan GenRiver model

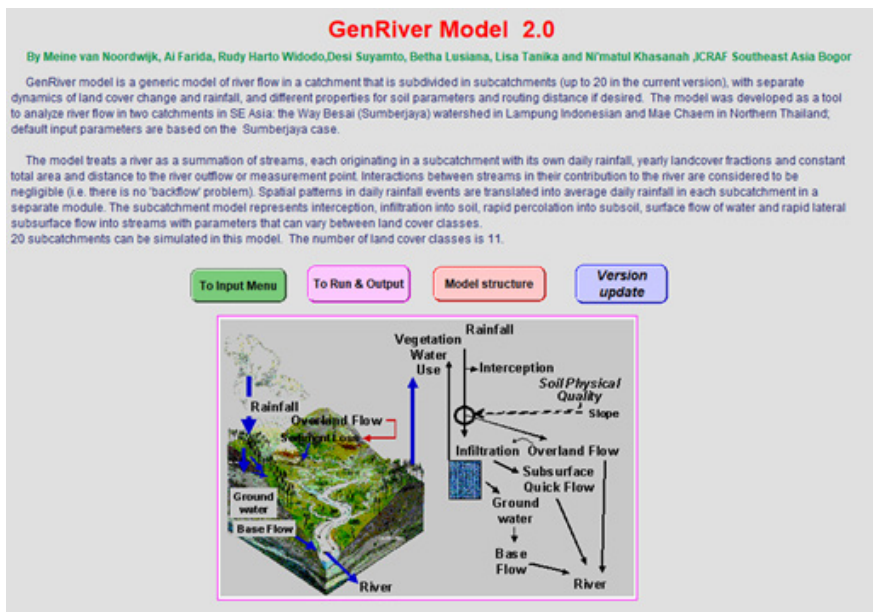
1.2. MINIMUM REQUIREMENT

Model GenRiver dikembangkan menggunakan platform STELLA, dengan sebagian besar input disimpan dalam MS. Excel. Saat ini versi GenRiver menggunakan STELLA 9.1.4, yang memungkinkan untuk melakukan import-export data dari MS Excel ke STELLA. Kebutuhan minimum yang diperlukan untuk menjalankan model GenRiver adalah sebagai berikut:

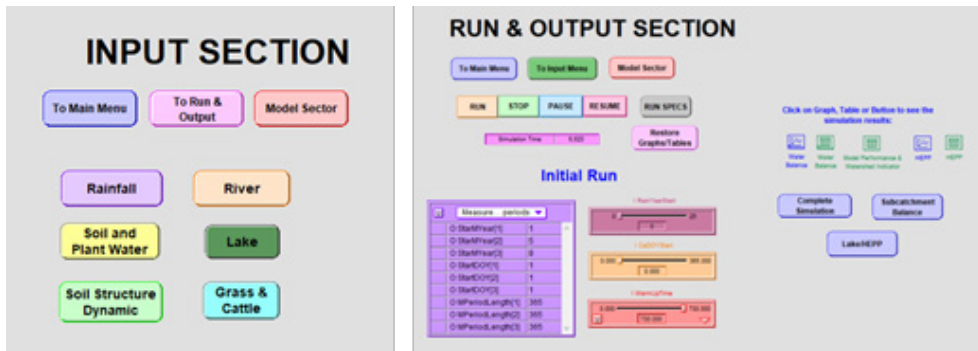
Windows	Macintosh
233 MHz Pentium	120 MHz PowerPC
Microsoft Windows™ 2000/XP (English Version)	Any Intel-based Mac Mac OS 10.2.8 or higher (English Version)
128 MB RAM	128 MB RAM
70 MB hard disk space	70 MB hard disk space
16-bit color	Thousands of colors

1.3. KOMPONEN MODEL GENRIVER

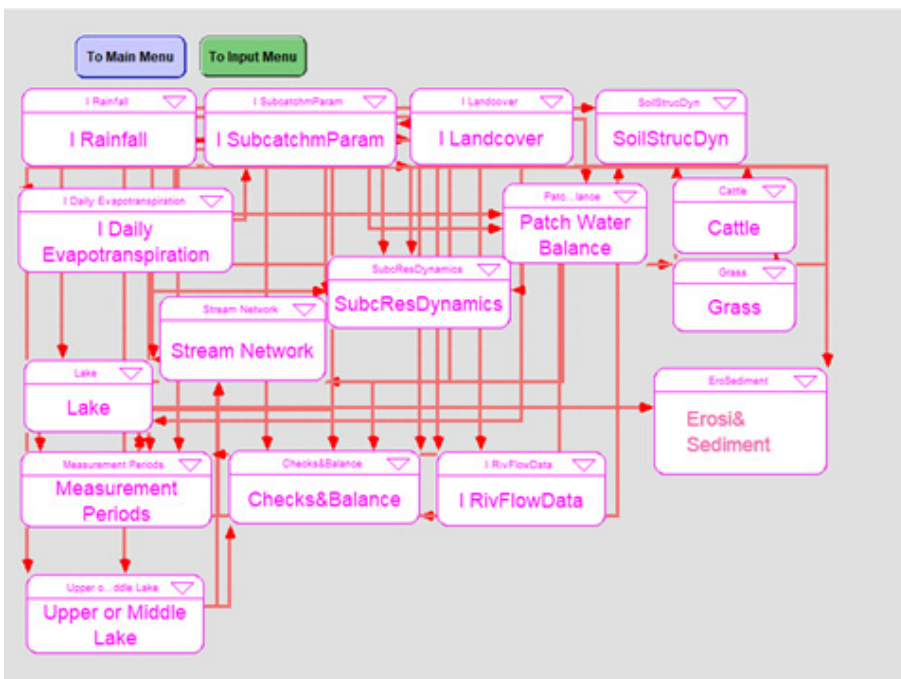
Tampilan utama model GenRiver dalam STELLA berisi penjelasan singkat tentang GenRiver, tombol input yang digunakan untuk proses parameterisasi (To input Menu), tombol untuk menjalankan model GenRiver (To Run & Output), tombol untuk masuk ke dalam struktur model (Model Structure) dan Tombol untuk melihat versi update (Version update)(Gambar 3-5).



Gambar 3. Tampilan utama model Genriver di STELLA 9.1.4



Gambar 4. Tampilan isi 'Input Section' dalam STELLA (Kiri) dan 'Run & Output Section' (kanan)

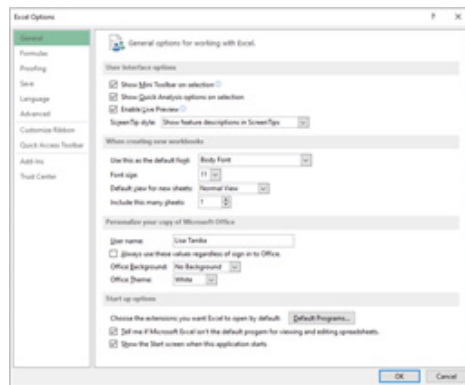


Gambar 5. Tampilan isi 'Model Structure' dalam STELLA

INPUT

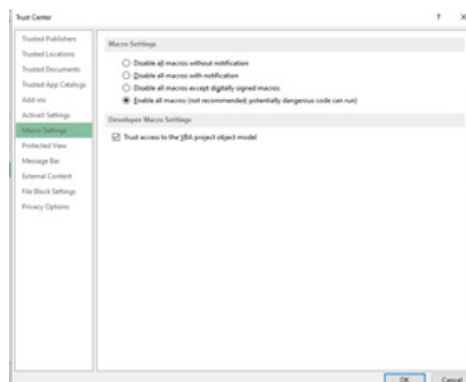
Sebagian besar input model GenRiver berupa data seri harian yang disimpan di dalam MS. Excel. Untuk memudahkan pengguna dalam memasukkan data-data yang diperlukan oleh Model GenRiver maka MS. Excel dilengkapi oleh macro. Untuk mengaktifkan macro dalam MS Excel dapat mengikuti langkah-langkah berikut:

- 1 Buka GenRiver.xls
- 2 Klik 'File' kemudian pilih 'Options'
- 3 Pilih Trust Centre (Gambar 6)



Gambar 6. Menu Excel Options

- 4 Pilih Trust Centre Setting
- 5 Pilih Macro Settings (Gambar 7)



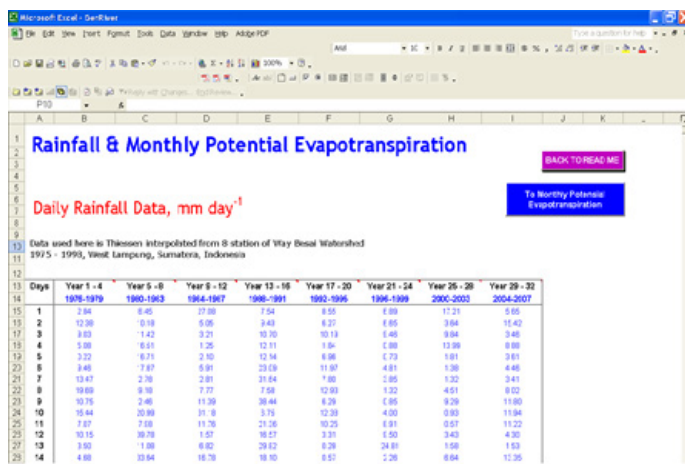
Gambar 7. Tampilan menu Macro Settings

- 6 Pilih Enable all macros

Input Model GenRiver dalam MS. Excel terdiri dari curah hujan, evaporasi,

2.1. CURAH HUJAN (RAIN DATA)

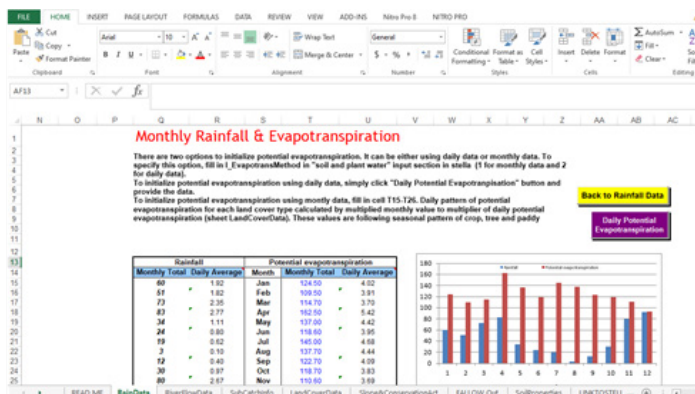
Data curah hujan yang diperlukan dalam model GenRiver adalah curah hujan harian yang terdiri dari 365 hari (untuk tahun kabisat, tanggal 29 februari dihilangkan). Dalam format MS Excel, data curah hujan harian yang diperlukan maksimal 32 tahun (Gambar 8). Jika ingin menjalankan lebih dari 32 tahun, maka dapat proses pemodelan dapat dibagi menjadi 2 bagian namun dengan parameterisasi yang sama. Saat memasukkan data curah hujan, perlu dipastikan bahwa semua data dalam bentuk angka (number).



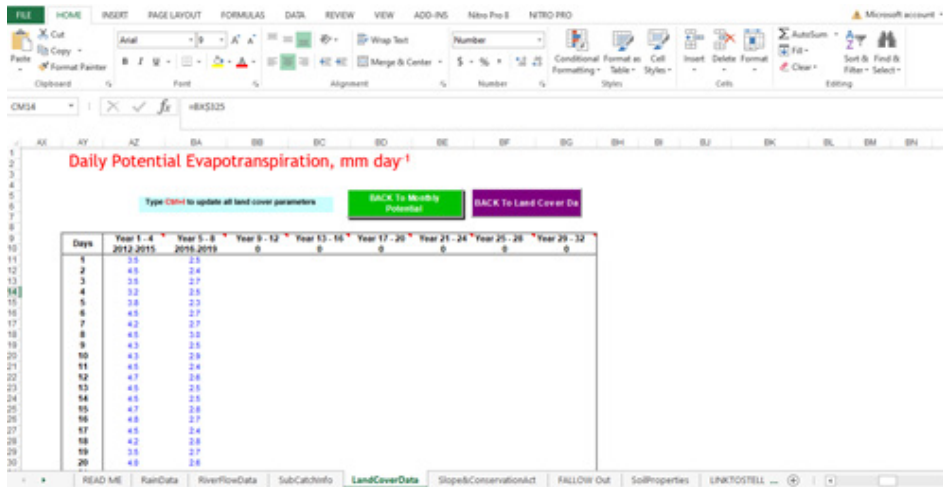
Gambar 8. Tampilan isian data curah hujan harian

2.2. EVAPORASI (EVAPORATION)

Data evaporasi yang dapat dimasukkan dalam model GenRiver dapat berupa data evaporasi harian atau data bulanan (Gambar 9 dan 10), sesuai dengan ketersediaan data yang di lapangan. Data evaporasi bulanan dapat diturunkan dari data suhu yang kemudian dihitung menggunakan persamaan Thornthwaite.



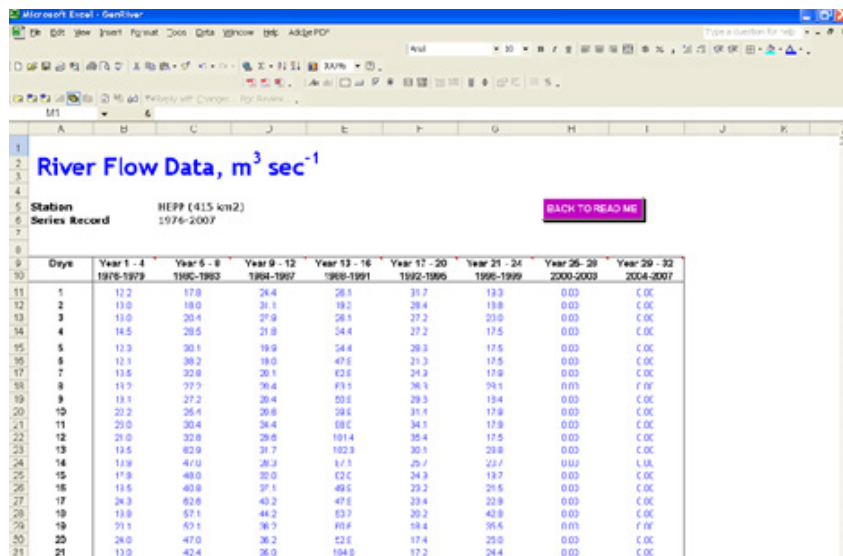
Gambar 9. Input data evaporasi bulanan



Gambar 10. Input data evaporasi harian

2.3. DEBIT (RIVER FLOW DATA)

Data debit harian ini diperlukan untuk proses kalibrasi dan validasi model. Format data input debit ini serupa dengan format data input curah hujan harian dan evaporasi harian. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengisian data debit harian ini adalah tahun yang ada di bagian atas kolom. Tahun ini akan mengikuti ketersediaan data curah hujan. Oleh karena itu jika pada tahun tersebut tidak terdapat data debit maka kolom tersebut data dikosongkan.



Gambar 11. Input data debit harian

2.4. INFORMASI DAS (SUBCATCHMENT INFORMATION)

Informasi DAS atau Sub-DAS yang diperlukan oleh model GenRiver terdiri dari 2 parameter yaitu: (a) luas area per-sub-DAS dan (b) Jarak masing-masing sub-DAS ke muara akhir (final outlet)(Gambar 12). Kedua input parameter tersebut dihitung atau ditentukan menggunakan GIS.

Sub-catchment	Area, km ²	Area fraction	Routing Distance to (km):						
			Final Outlet	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4	Obs5	Obs6
52 Cirasea	375.07	0.18	88.50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
53 Citarik	458.51	0.22	78.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
54 Ciangkuy	305.14	0.14	78.30	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
55 Cikapundung	399.68	0.19	72.30	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
56 Ciwidey	270.46	0.13	59.80	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
57 Ciminyak	321.90	0.15	5.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00

Gambar 12. Input data informasi Sub-DAS

2.5. TUTUPAN LAHAN (LAND COVER DATA)

Input data tutupan lahan yang diperlukan oleh model GenRiver terdiri dari beberapa bagian, yaitu (a) Year of Land Cover Change, (b) Land Cover type and properties dan (c) Fraction of land cover change (Gambar 13).

Land Cover Data

This spreadsheet is built to help you to initialize :

- **The typology of land cover/use types for your simulation**
- **Key hydrological properties of the land cover type:** potential interception, drought limitation, soil bulk density
- **Year of land cover change** (land cover transition time)
- **Land cover type** of each subcatchment
- **Fraction of each land cover type** per subcatchment per year of land cover transition time

This spreadsheet is also helps you to estimate:

- Daily values of potential evapotranspiration based on monthly data.

The land cover data used for the default come from the Way Besal Watershed, West Lampung, Indonesia.

You can redefine and change the names of the land cover types to adjust to your situation.

YOU CAN ONLY CHANGE VALUES IN BLUE FONT...!!!
You can not insert columns or rows

Type Ctrl+I to update all land cover parameters

BACK TO READ ME

Year of Land Cover Change

Land Cover Type & Land Cover Properties

Fraction of Land Cover Change

Daily Potential Evapotranspirasi

Gambar 13. Tampilan utama halaman data tutupan lahan

a. Tahun transisi perubahan penggunaan lahan (Year of land Cover Change)

Model GenRiver memungkinkan untuk memasukkan beberapa tahun perubahan tutupan lahan untuk melihat dampak transisi perubahan tutupan lahan terhadap neraca air (Gambar 14). Hal yang perlu diperhatikan disini adalah kesesuaian tahun awal transisi tutupan lahan (start of simulation) harus sama dengan tahun data curah hujan.

Year of Land Cover Change

BACK TO MAIN MENU

Period of transition	Year	Interval
At start of simulation	2012	0
At first transition point	2015	3
At second transition point	2018	6
At end of simulation	2019	7

Gambar 14. Input data untuk tahun transisi tutupan lahan

b. Tipe Tutupan lahan dan Atributnya (Land Cover Type and Properties)

Model GenRiver memungkinkan untuk memasukkan tipe-tipe tutupan lahan sesuai kondisi dan karakteristik DAS. Setelah menentukan tipe-tipe tutupan lahan yang akan disimulasikan dalam Model GenRiver, maka bagian atribut (atau properties) dari tutupan lahan yang perlu disesuaikan antara lain: (1) Potential interception, (2) Relative drought threshold, (3) BD/BDref dan (4) Multiplier daily potential evapotranspiration. Cara untuk menentukan nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada buku Manual GenRiver (Van Noordwijk et al 2011).

Land cover types and their properties

BACK TO MAIN MENU

Type CMH to update all land cover parameters

The GenRiver model was set up to compare the impacts of land cover change on hydrology. These impacts are based on **four** steps in the water cycle: interception by the canopy, impact on the topsoil structure (BD/BDref) that influences infiltration (or runoff generation as its complement), seasonal pattern of water use (here expressed as the fraction of the potential ET per month), and a drought threshold that indicates the relative soil water content where evapotranspiration is affected. Distinctions between land cover types for any simulation should be based on the primary research question, the availability of data on land cover fractions, and importance of the land cover type in the catchment area. Most spatial data include a "no data" category (clouds and cloud-shadow) -- normally the fractions of land cover elsewhere are assumed to apply to these pixels as well. The land cover types of STELLA are not automatically updated when you change the names here. Please use Array Editor to do this. Please fill in all the blue fields: rename the land cover types and provide the four type of data (estimates) needed

Land cover type	Potential Interception (mm)	Relative Drought Threshold	BD/BDref	Multiplier of Daily Potential Evapotranspiration												Yearly	
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Undisturbed forest	4.50	0.40	0.70	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1195
Logged over forest-high den	3.50	0.45	0.80	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1121
Logged over forest-low den	3.50	0.50	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	1048
Mixed garden	3.00	0.60	0.95	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	971
Coffee agroforest	1.80	0.85	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	747
Rubber monoculture	2.50	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	897
Oil palm monoculture	5.00	0.55	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	747
Teak plantation	3.00	0.60	1.10	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	1048

Gambar 15. Input data tipe tutupan lahan dan atributnya

c. Fraksi Perubahan Tutupan Lahan (Fraction of Land Cover Change)

Luasan area masing-masing tutupan lahan pada masing-masing tahun transisi perubahan tutupan lahan digambarkan dalam bentuk fraksi dengan nilai antara 0 - 1 (luas area tutupan lahan dibagi luas area DAS atau Sub-DAS). Pengguna model mempunyai dua pilihan dalam mengisikan fraksi perubahan tutupan lahan, yaitu: uniform untuk semua sub-DAS atau dapat sesuai dengan kondisi masing-masing Sub-DAS. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengisian fraksi perubahan tutupan lahan ini adalah nilai total untuk masing-masing sub-DAS adalah sama dengan 1. Jika nilai total diperoleh lebih atau kurang dari 1, maka proses persiapan data input tutupan lahan ini perlu diperiksa ulang.

Fraction of Land Cover Change

There are two options to initialize fraction of land cover of each subcatchment, it can be either **uniform of all subcatchment** (land cover identification = 1) or **different for each subcatchment**. The different land cover for each subcatchment can be either generate from spatial data (land cover identification = 0) or using output data of FALLOW model (land cover identification = 2). To specify this option, fill in cell **BS11**.

Type **Ctrl+I** to update all land cover parameters **BACK TO MAIN MENU**

Land cover identification **1** If Land Cover Identification = 2, click here **FALLOW Link**

Landcover type	Land Cover Change (ALL subcatchments)				Landcover type	Land Cover Change (Mean)			
	2012	2015	2018	2019		2012	2015	2018	2019
Undisturbed forest	0.39	0.32	0.23	0.19	Undisturbed forest	0.39	0.32	0.23	0.19
Logged over forest-high dens	0.15	0.20	0.26	0.28	Logged over forest-high density	0.15	0.20	0.26	0.28
Logged over forest-low dens	0.13	0.13	0.06	0.02	Logged over forest-low density	0.13	0.13	0.06	0.02
Mixed garden	0.02	0.00	0.00	0.00	Mixed garden	0.02	0.00	0.00	0.00
Coffee agroforest	0.01	0.03	0.04	0.02	Coffee agroforest	0.01	0.03	0.04	0.02
Rubber monoculture	0.07	0.08	0.10	0.11	Rubber monoculture	0.07	0.08	0.10	0.11
Oil palm monoculture	0.00	0.01	0.00	0.02	Oil palm monoculture	0.00	0.01	0.00	0.02
Teak plantation	0.00	0.00	0.00	0.00	Teak plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Sengon plantation	0.00	0.00	0.01	0.01	Sengon plantation	0.00	0.00	0.01	0.01
Pinus plantation	0.02	0.02	0.01	0.02	Pinus plantation	0.02	0.02	0.01	0.02
Others timber plantation	0.01	0.02	0.03	0.07	Others timber plantation	0.01	0.02	0.03	0.07
Tea monoculture	0.00	0.00	0.00	0.00	Tea monoculture	0.00	0.00	0.00	0.00
Rice field	0.01	0.02	0.01	0.00	Rice field	0.01	0.02	0.01	0.00
Other annual crop	0.01	0.02	0.03	0.01	Other annual crop	0.01	0.02	0.03	0.01
Settlement	0.06	0.03	0.05	0.03	Settlement	0.06	0.03	0.05	0.03
Shrub, grass and cleared lan	0.04	0.06	0.08	0.07	Shrub, grass and cleared land	0.04	0.06	0.08	0.07

Gambar 16. Input data fraksi perubahan tutupan lahan

2.6. JENIS TANAH (SOIL PROPERTIES)

Input data jenis tanah yang diperlukan oleh model GenRiver terdiri dari beberapa bagian, yaitu (a) Soil Properties dan (b) Soil Area and Depth (Gambar 17).

Soil Properties

This spreadsheet is built to help you to initialize :

- Soil physical (**bulk density and soil texture**) and chemical (**soil carbon**) properties.
- **Area of each soil type** (10 groups of soil type).
- **Soil depth** of each soil type.

This spreadsheet is also built to help you to estimate :

- Three phase of **top and sub soil water content: field capacity, permanent wilting point and saturated water content** per subcatchment and per year of landcover transition time.
- **Plant available water, inaccessible water for plant and capacity of soilquick flow** per subcatchment and per year of landcover transition time.

Soil Physical & Chemical Properties
Soil Area and Depth
BACK TO READ ME

Gambar 17. Tampilan utama halaman Data Tanah

a. Soil Physical dan Chemical properties

Input data fisik dan kimia tanah berupa: (1) BD/BD ref, (2) Perhitungan kapasitas air tanah dan (3) informasi lebih lanjut tentang fisik dan kimia tanah (Gambar 18). Bagian ini sebagian besar berupa data referensi sehingga dapat menggunakan data default yang ada di dalam model. Namun demikian, bagi pengguna yang mempunyai pengetahuan atau kebutuhan lebih terkait kondisi fisik dan kimia tanah dapat melakukan perubahan/penyesuaian pada halaman ini.

Soil Physical & Chemical Properties

BD/BDref of SubSoil per year of landcover transition time

Year of landcover transition time	BD/BDref
at start of simulation	1.15
at first transition point	1.15
at second transition point	1.15
at end of simulation	1.15

To Generated BD/BDref

To Estimated Soil Water Content

Further Soil Physical & Chemical Properties

BACK TO MAIN MENU

note : BD/BDref per year of transition time is generic value for all soil types and used to estimate three phase of sub soil water content per subcatchment per year of landcover transition time. Interested to see estimated soil water content, just click on "To Estimated Soil Water Content" button

Gambar 18. Input data fisik dan kimia tanah

b. Soil Area and Depth

Seperti input data fraksi perubahan tutupan lahan. Input untuk luas area masing-masing jenis tanah dalam sub-DAS juga dihitung dalam bentuk Fraksi dari luasan area sub-DAS, dengan nilai antara 0 - 1. Dalam halaman area jenis tanah disediakan berbagai jenis tanah yang ada, sehingga pengguna dapat langsung mengisikannya sesuai dengan jenis tanah yang ada di masing-masing sub-DAS.

Soil Area and Depth

Type CTRL+H to update all subcatchment and soil parameters

BACK TO MAIN MENU

1. Area of each soil type (10 groups of soil type)

Sub-catchment	Histosols	Andisols	Aridisols	Entisols	Inceptisols	Mollisols	Oxisols	Spodosols	Ultisols	Vertisols	Check (should be 1)
Cirasea	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
Citarik	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	1
Cisangkuy	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
Cikagundung	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
Ciwadley	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	1
Ciminyak	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	1
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
--	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

The last three or two letters for another category	Soil Type
ALE	Aldisols
AND	Andisols
JD	Andisols
ENT	Entisols
HST	Histosols
GEL	Gelisols
EPT	Inceptisols
OLL	Mollisols
OXI	Oxisols
OD	Spodosols
ULT	Ultisols
ERT	Vertisols

Gambar 19. Input data area tanah dan kedalaman tanah

2.7. KEMIRINGAN/ELEVASI (SLOPE)

Data input kemiringan (slope) dihitung dari data Digital Elevation Model (DEM) untuk masing-masing tutupan lahan di masing-masing Sub-DAS. Lebih lanjut, berdasarkan tingkat kemiringannya, kondisi wilayah dapat dibagi menjadi 3 kelas yaitu: rata (0-15%), landai (15- 30%) dan curam (>30%). Terdapat dua jenis input data yang terkait dengan slope, yaitu: (a) besaran nilai slope untuk masing-masing tipe tutupan lahan dan (b) fraksi luasan area untuk masing-masing kelas slope untuk masing-masing tipe tutupan lahan. Gambar 20 menunjukkan input data rata-rata besaran nilai slope (%) untuk masing-masing tipe tutupan lahan di masing-masing Sub-DAS, sedangkan Gambar 21 menunjukkan input data fraksi luasan area untuk masing-masing tipe kelas slope.

SLOPE (%)

Landcover type	Cirasea			
	2012	2015	2018	2019
Undisturbed forest	47.96	0.00	0.00	0.00
Logged over forest-high densi	37.92	37.80	38.50	38.50
Logged over forest-low densit	46.64	36.95	44.44	44.44
Mixed garden	32.53	39.24	38.17	38.17
Coffee agroforest	31.14	38.21	34.40	34.40
Rubber monoculture	33.52	34.84	31.92	31.92
Dil palm monoculture	27.13	27.13	27.13	27.13
Teak plantation	32.60	29.62	29.06	29.06
Sengon plantation	32.88	37.12	39.57	39.57
Pinus plantation	47.70	41.33	46.86	46.86
Dthers timber plantation	35.37	40.94	44.99	44.99
Tea monoculture	39.50	38.96	37.30	37.30
Rice field	29.18	33.88	32.13	32.13
Other annual crop	40.65	39.33	39.72	39.72
Settlement	26.91	24.03	26.63	26.63
Shrub, grass and cleared land	28.59	28.70	25.89	25.89
Mining	0.00	0.00	17.05	17.05
Water body	16.82	15.89	15.89	15.89
0	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00

Gambar 20. Input data Slope (%) untuk masing-masing tipe tutupan lahan di masing-masing Sub-DAS

YEAR 2012	CLASS FLAT															MOUNT STEEP														
	Crassa	CBarik	Changbui	Chagomdi	Cledry	Climiyak	Crassa	CBarik	Changbui	Chagomdi	Cledry	Climiyak	Crassa	CBarik	Changbui	Chagomdi	Cledry	Climiyak												
Undisturbed forest	0.06	0.03	0.21	0.12	0.11	0.06	0.14	0.16	0.31	0.12	0.39	0.24	0.70	0.72	0.46	0.55	0.50	0.70												
Logged over forest-high density	0.10	0.14	0.10	0.14	0.13	0.10	0.16	0.31	0.26	0.30	0.35	0.25	0.63	0.56	0.64	0.56	0.51	0.65												
Logged over forest-low density	0.11	0.10	0.14	0.17	0.16	0.06	0.15	0.31	0.33	0.27	0.38	0.22	0.64	0.58	0.52	0.57	0.46	0.73												
Mix garden	0.19	0.31	0.26	0.42	0.17	0.15	0.36	0.39	0.38	0.30	0.34	0.35	0.45	0.31	0.36	0.26	0.48	0.48												
Coffee agroforest	0.29	-	0.54	0.41	-	-	0.38	0.00	0.45	0.33	0.00	0.00	0.33	-	0.21	0.27	-	-												
Rubber monoculture	0.11	0.08	0.06	0.31	0.05	0.36	0.35	0.28	0.24	0.35	0.21	0.39	0.54	0.64	0.70	0.35	0.77	0.25												
Oil palm monoculture	0.14	0.05	-	-	0.34	-	0.47	0.38	1.00	0.12	0.68	0.00	0.39	0.38	-	0.88	-	-												
Teak plantation	0.14	0.43	0.28	0.31	0.41	0.10	0.37	0.14	0.45	0.36	0.39	0.28	0.48	0.41	0.29	0.32	0.21	0.64												
Sengon plantation	0.11	0.10	0.15	0.15	0.21	0.09	0.35	0.43	0.42	0.38	0.39	0.27	0.54	0.47	0.44	0.47	0.39	0.64												
Pinus plantation	0.10	0.12	0.10	0.16	0.15	0.08	0.15	0.36	0.36	0.35	0.41	0.27	0.65	0.52	0.54	0.49	0.44	0.65												
Others timber plantation	0.09	0.06	0.09	0.08	0.10	0.06	0.41	0.37	0.39	0.27	0.43	0.24	0.50	0.57	0.51	0.65	0.47	0.71												
Tea monoculture	0.30	0.18	0.42	0.13	0.24	0.10	0.31	0.36	0.40	0.31	0.41	0.26	0.39	0.46	0.18	0.56	0.35	0.64												
Rice field	0.77	0.81	0.79	0.83	0.81	0.66	0.18	0.15	0.17	0.12	0.15	0.24	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.10												
Other annual crop	0.33	0.41	0.43	0.38	0.37	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.35	0.35	0.25	0.19	0.19	0.25	0.28	0.27												
Settlement	0.77	0.79	0.84	0.87	0.78	0.74	0.18	0.18	0.14	0.11	0.19	0.17	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.09												
Grass, Shrub, Cleared land	0.39	0.33	0.49	0.44	0.48	0.43	0.34	0.40	0.34	0.31	0.34	0.35	0.35	0.36	0.18	0.24	0.18	0.22												
Mining	-	-	-	1.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-												
Water body	0.72	0.81	0.64	0.87	0.88	0.69	0.14	0.18	0.16	0.09	0.10	0.10	0.04	0.05	0.22	0.04	0.02	0.21												

Gambar 21. Input data fraksi luasan area untuk masing-masing kelas slope

2.8. KEGIATAN KONSERVASI (CONSERVATION ACTION)

Data input untuk kegiatan konservasi untuk masing-masing tipe tutupan lahan dapat diperoleh dari hasil diskusi/wawancara atau pengamatan lapangan. Nilai input kegiatan konservasi dalam model GenRiver merupakan hasil pembobotan dari beberapa faktor, yaitu:

- a Luasan area yang menerapkan kegiatan konservasi untuk masing-masing tipe tutupan lahan (0 = tidak ada area yang menerapkan kegiatan konservasi, 1 = semua area menerapkan kegiatan konservasi)
- b Efektivitas kegiatan konservasi yang dilakukan dalam menurunkan erosi (0 = kegiatan konservasi sama sekali tidak efektif dalam menahan erosi, 1 = kegiatan konservasi 100% efektif untuk menahan erosi)
- c Luas area untuk masing-masing kelas slope

Fraksi Area yang menerapkan Kegiatan Konservasi

Landcover type	Cirasea			
	2012	2015	2018	2019
Undisturbed forest	0.00	0.00	0.00	0.00
Logged over forest-high d	0.00	0.00	0.00	0.00
Logged over forest-low d	0.00	0.00	0.00	0.00
Mixed garden	0.00	0.00	0.00	0.00
Coffee agroforest	0.00	0.00	0.00	0.00
Rubber monoculture	0.00	0.00	0.00	0.00
Oil palm monoculture	0.00	0.00	0.00	0.00
Teak plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Sengon plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Pinus plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Others timber plantation	0.00	0.00	0.00	0.00
Tea monoculture	0.00	0.00	0.00	0.00
Rice field	0.08	0.15	0.19	0.20
Other annual crop	0.00	0.00	0.00	0.00
Settlement	0.00	0.00	0.00	0.00
Shrub, grass and cleared	0.00	0.00	0.00	0.00
Mining	0.00	0.00	0.00	0.00
Water body	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	0.00	0.00	0.00
	0	0.00	0.00	0.00

Gambar 22. Input data bobot kegiatan konservasi untuk masing-masing tipe tutupan lahan di masing-masing sub-DAS

2.9. RIPARIAN AREA

Riparian area dalam model GenRiver didefinisikan sebagai area di sepanjang sungai dengan jarak 0-100 m dan 100 – 200 m. Untuk masing-masing area tersebut selanjutnya diidentifikasi fraksi luasan area tutupan lahan berbasis pohon, seperti hutan, agroforestri, kebun, dll, yang memiliki kemampuan untuk menyaring sedimen sebelum masuk ke sungai. Gambar 23, menunjukkan fraksi luasan area tipe tutupan lahan berbasis pohon di riparian area sebagai input model GenRiver.

TREE-BASED SYSTEM in RIPARIAN AREA

	0-100m				100-200m				>200m			
	2012	2015	2018	2019	2012	2015	2018	2019	2012	2015	2018	2019
Cirasea	0.06	0.14	0.12	0.12	0.06	0.13	0.11	0.11	0.30	0.39	0.38	0.38
Citarik	0.06	0.08	0.10	0.10	0.05	0.07	0.08	0.08	0.19	0.27	0.26	0.26
Cisangkuy	0.19	0.23	0.18	0.18	0.18	0.21	0.16	0.16	0.41	0.45	0.41	0.41
Cikapundung	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12	0.13	0.13	0.27	0.27	0.27	0.27
Ciwidey	0.23	0.34	0.34	0.34	0.22	0.29	0.28	0.28	0.50	0.60	0.62	0.62
Ciminyak	0.16	0.20	0.20	0.20	0.26	0.27	0.27	0.27	0.52	0.50	0.46	0.46

Gambar 23. Input data untuk fraksi tree-based system in the riparian area

MENJALANKAN GENRIVER MODEL

3.1. IMPORT DATA INPUT

Setelah semua data GenRiver.xls terisi, maka selanjutnya dapat dimasukkan ke dalam GenRiver STELLA, dengan proses import data (untuk STELLA 9.1.4). Adapun langkah-langkah untuk melakukan import data dari GenRiver.xls ke STELLA adalah sebagai berikut:

- 1 Buka kedua file GenRiver (GenRiver.xls dan GenRiver. STM)
- 2 Dalam GenRiver.STM, pilih menu Edit, kemudian pilih Import data untuk membuka menu import data
- 3 Pilih One Time jika proses import data tanpa dilakukan dengan membuat link antara GenRiver.xls dan GenRiver.STM , atau pilih Persistent jika proses import data dilakukan dengan membangun link antara kedua file tersebut. Jika link tersebut dibangun maka setiap perubahan dalam GenRiver.xls akan langsung diupdate dalam GenRiver.STM.



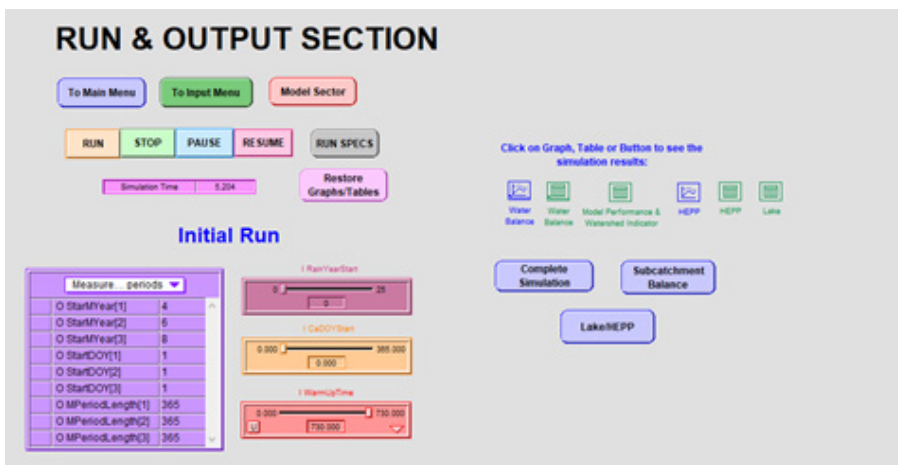
Gambar 24. Tampilan menu import data dalam GenRiver.STM

4. Pilih 'Browse' untuk mencari file GenRiver.xls yang dilakuakn import data ke GenRiver.STM
5. Pilih Sheet 'LinkToStella9' dalam GenRiver.xls yang akan diimport ke GenRiver.
6. Ulangi langkah 5 untuk Sheet 'LinkToStella9(2)' dan Sheet 'LinkToStella9(3)
7. Pilih OK.

Untuk beberapa kasus proses import data cukup memakan waktu, terutama jika pilihan 'Persisten' dipilih untuk membuat link antara GenRiver.xls dan GenRiver.STM. Selain itu sedapat mungkin selama proses import data masing berlangsung tidak membuka atau mengganggu file GenRiver.xls karena dapat menyebabkan proses import data terganggu.

3.2. MENJALANKAN MODEL GENRIVER

Untuk menjalankan model GenRiver maka dalam GenRiver.STM pilih 'To Run & Output', yang kemudian akan membawa ke halaman 'Run and Output Section' (Gambar 25). Setelah masuk ke dalam halaman tersebut maka selanjutnya pilih 'RUN' untuk menjalankan model, 'STOP' untuk menghentikan proses secara keseluruhan, 'PAUSE' untuk menghentikan proses sementara dan 'RESUME' untuk lanjut menjalankan model. Setelah tombol 'RUN' dipilih maka angka dalam simulation time akan mulai berubah seiring lamanya proses simulasi. Beberapa parameter yang dapat diupdate sesuai dengan kebutuhan pengguna seperti 'I RainStartYear', 'I CaDOYStart', dll dapat dilihat dalam buku Manual GenRiver, namun demikian hal ini merupakan pilihan (jika tidak dilakukan perubahan tidak akan memengaruhi output model GenRiver).

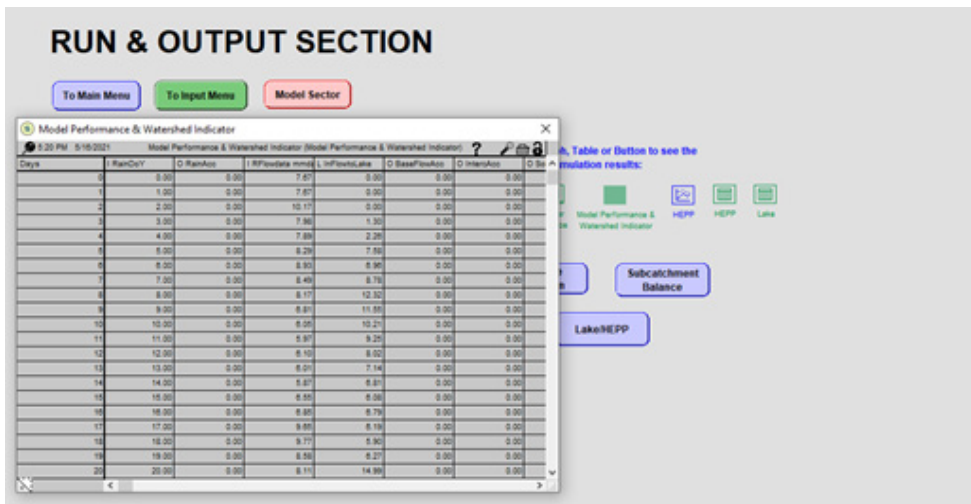


Gambar 25. Tampilan halaman Run & Output Section dalam GenRiver.STM

3.3. EXPORT DATA OUTPUT

Setelah model GenRiver selesai disimulasikan maka output utama berupa tabel neraca air dapat dilihat dalam 'Model Performance & Watershed Indicator'. Adapun proses export data dapat dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Klik 2x pada Icon tabel dengan tulisan 'Model Performance & Watershed Indicator' untuk membuka tabel
2. Tekan Ctrl+A untuk memilih keseluruhan tabel
3. Klik kanan kemudian pilih 'Save As Txt'



Gambar 26. Tabel 'Model Performance & Watershed Indicator' hasil simulasi model GenRiver

4. Simpan data dalam bentuk .Txt

Data hasil simulasi model GenRiver akan diekspor dalam bentuk .Txt, namun demikian bentuk data ini masih dapat di buka dengan menggunakan MS. Excel untuk dilakukan analisis lanjutan.

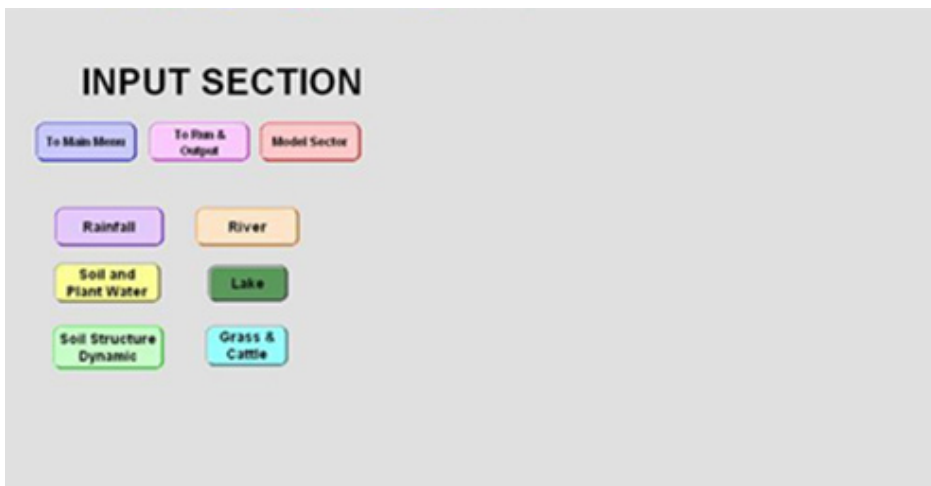
PARAMETERISASI, KALIBRASI DAN VALIDASI

4.1. PARAMETERISASI & KALIBRASI MODEL

Parameterisasi dan kalibrasi merupakan suatu proses penyesuaian beberapa nilai parameter (parameterisasi) dalam model dengan tujuan agar hasil simulasi menyerupai kondisi DAS sebenarnya. Nilai-nilai parameter yang disesuaikan pada umumnya merupakan parameter yang sulit untuk dilakukan pengukuran seperti tingkat infiltrasi, kapasitas maksimum tanah, kekasaran sungai, dll (Tabel 1). Parameter-parameter tersebut dapat ditemukan dengan memilih 'To Input Menu' yang selanjutnya akan membawa ke halaman 'Input Section' (Gambar 27).

Tabel 1. Parameter-parameter yang biasa dilakukan parameterisasi dan kalibrasi

Acronym	Definition	Default Value
RainInterceptDripRt (i)	Rain interception Drip Rate	10 mm
RainMaxIntDripDur (i)	Rain interception Drip Duration	0.5 mm
InterceptEffectontrans(i)	Rain Interception Effect on Transpiration	0.8 mm
RainIntensMean	Average rainfall intensity	30 mm/day
RainIntensCoefVar	Coefficient of variation of rainfall intensity	0.3
MaxInfRate (i)	Maximum infiltration capacity per unit i	720 mm day ⁻¹
MaxInfSubsoil (i)	Maximum infiltration capacity per unit i	120 mm day ⁻¹
PerFracMultiplier (i)	Daily soil water drainage as fraction of groundwater release fraction	0.13
MaxDynGrWatStore (i)	Dynamic groundwater storage capacity	300 mm
GWRReleaseFracVar (i)	An option to have a constant groundwater release fraction for each subcatchment or using single value for the whole catchment	0.1
Tortuosity (i)	Stream shape Factor	0.4
Dispersal Factor (i)	Drainage density	0.3
River Velocity (i)	River Flow velocity	0.4 m s ⁻¹



Gambar 27. Tampilan input section yang berisi berbagai input dalam bentuk angka tunggal (single value) yang mungkin diperlukan dalam proses parameterisasi dan kalibrasi

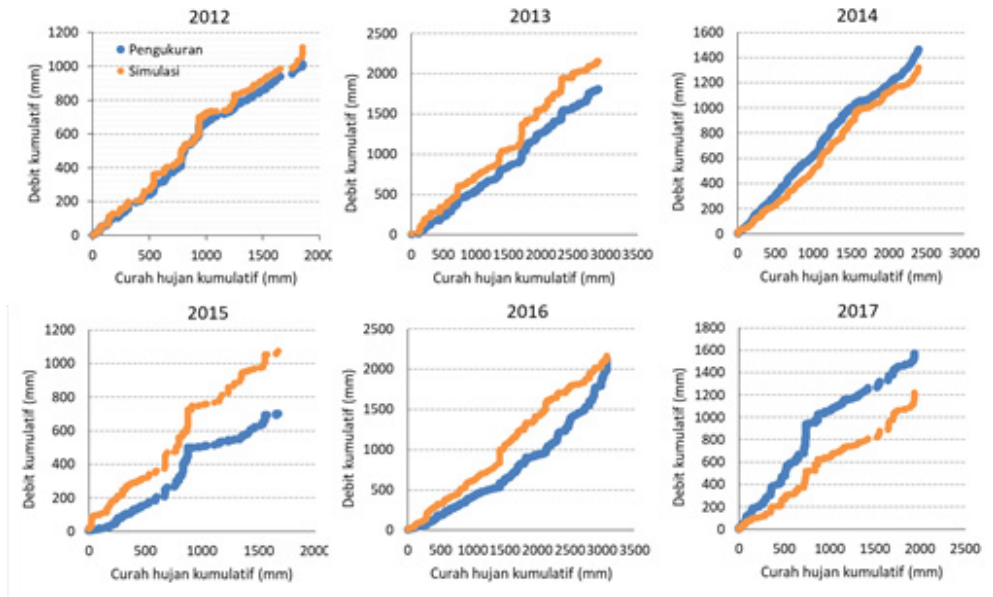
4.2. VALIDASI MODEL

Validasi atau evaluasi model dilakukan dengan membandingkan antara hasil simulasi dengan data pengukuran dengan menggunakan beberapa indikator statistik Tujuan dari proses validasi ini adalah untuk melihat performa model dalam meniru system hidrologi yang disimulasikan. Beberapa indikator statistika yang digunakan untuk membandingkan antara hasil simulasi model dengan data yang sebenarnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator statistika untuk proses validasi dan evaluasi model

No.	Indikator statistik	Persamaan	Intepretasi hasil	
1	Nash-Sutcliffe Efficiency	$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_{mean})^2}$ <p>dimana Y_i^{obs} = debit pengukuran, Y_i^{sim} = debit simulasi model, Y_{mean} = rata-rata debit pengukuran, dan n = jumlah data pengukuran</p>	Hasil	NSE
			Very Good	$0.75 < NSE \leq 1.00$
			Good	$0.65 < NSE \leq 0.75$
			Satisfactory	$0.50 < NSE \leq 0.65$
			Unsatisfactory	$NSE \leq 0.5$
2	Koefisien korelasi	$r = \frac{\sum (x_i - x_{mean})(y_i - y_{mean})}{\sqrt{\sum (x_i - x_{mean})^2 \sum (y_i - y_{mean})^2}}$ <p>dimana x_i = data pengukuran, y_i = data simulasi, x_{mean} = rata-rata data pengukuran and y_{mean} = rata-rata data simulasi</p>		

No.	Indikator statistik	Persamaan	Intepretasi hasil
3	Double mass-curve	Membandingkan kumulatif data curah hujan dengan data kumulatif debit (Gambar 28).	Melalui perbandingan ini, diharapkan nilai kumulatif debit lebih kecil dari pada curah hujan, dengan selisih lebih dari 500 mm/ tahun



Gambar 28. Contoh double mass-curve (Contoh kasus DAS Citarum)

ANALISIS HASIL

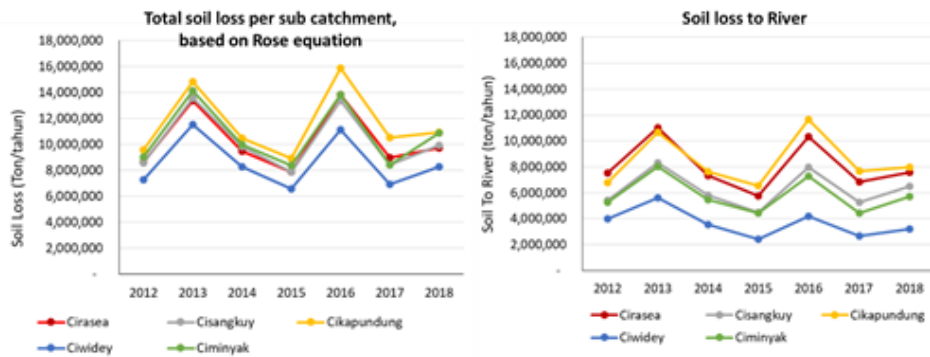
Analisis hasil simulasi model GenRiver dapat dilakukan menggunakan kriteria dan indikator fungsi hidrologi (Tabel 3). Proses analisis hasil ini dapat menggunakan file 'IndicatorWatershed.xls' yang telah disediakan, atau dapat juga menggunakan indikator-indikator lain sesuai dengan kebutuhan pengguna. Berbagai kriteria dan indikator secara lengkap dapat ditemukan dalam Manual Model GenRiver. Selanjutnya proses analisis dapat dilakukan dengan menghitung indikator-indikator tersebut untuk masing-masing tahun, sehingga dapat dilihat tren perubahannya sebagai akibat dari perubahan tutupan lahan. Gambar 29 dan 30 merupakan contoh hasil analisis neraca air dan erosi-sedimentasi sebagai dampak perubahan tutupan lahan.

Tabel 3. Contoh kriteria dan indikator fungsi hidrologi yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan hasil simulasi Model GenRiver

Module	Variable example	Respondent
Neraca air	Hasil air (water yield) dari masing-masing komponen neraca air per unit curah hujan	Fraksi Evaporasi= (Evaporasi tahunan)/(Curah hujan tahunan)
		Fraksi Aliran Permukaan= (Aliran permukaan tahunan)/(Curah hujan tahunan)
		Fraksi Aliran Bawah Permukaan= (Aliran bawah permukaan tahunan)/(Curah hujan tahunan)
		Fraksi Aliran Dasar= (Aliran dasar tahunan)/(Curah hujan tahunan)
Penyangga Puncak hujan (Buffering peak rain event)	Buffering indicator (BI)	$BI = 1 - Q_{Abv.Avg} / A \times P_{Abv.Avg}$ <p>Dimana:</p> $Q_{Abv.Avg} = \sum \max(Q - Q_{Avg}, 0)$ $P_{Abv.Avg} = \sum \max(P - P_{Avg}, 0)$ $Q_{Abv.Avg} = \text{Total debit diatas rata-rata}$ $P_{Abv.Avg} = \text{Total curah hujan diatas rata-rata}$ $A = \text{Luas area}$



Gambar 29. Perubahan aliran permukaan, aliran bawah permukaan dan aliran dasar sebagai hasil perubahan tutupan lahan (contoh kasus DAS Citarum)



Gambar 30. Perubahan erosi hasil simulasi model GenRiver (contoh kasus DAS Citarum)

World Agroforestry (ICRAF)

Program Indonesia

Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang,
Bogor 16115 [PO Box 161 Bogor 16001] Indonesia;
Tel: +(62) 251 8625 415 ; Fax: +(62) 251 8625416;
Email: icraf-indonesia@cgiar.org

www.worldagroforestry.org/country/Indonesia
www.worldagroforestry.org/agroforestry-world



Australian Government

**Australian Centre for
International Agricultural Research**