

**APLIKASI MODEL MAPDAS PADA STUDI KARAKTERISTIK
HIDROLOGI DAS MIKRO DENGAN TUTUPAN LAHAN
DOMINAN TANAMAN SAWIT, JAMBI**

FAQIHNA PIDIN



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

**PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN
SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul Aplikasi Model MAPDAS pada studi karakteristik hidrologi DAS mikro dengan tutupan lahan dominan tanaman sawit, Jambi adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2018

Faqihna Pidin
NIM A155150031

RINGKASAN

FAQIHNA PIDIN. Aplikasi Model MAPDAS pada studi karakteristik hidrologi DAS mikro dengan tutupan lahan dominan tanaman sawit, Jambi. Dibimbing oleh SURIA DARMA TARIGAN dan BUDI KARTIWA.

Salah satu faktor penting yang mendukung pembangunan pertanian adalah kebutuhan lahan. Kebutuhan lahan pertanian dapat berimplikasi pada perubahan tata guna lahan. Dampak dari pengubahan tata guna lahan adalah degradasi lahan dan lingkungan. Degradasi lahan dapat mengakibatkan meningkatnya aliran permukaan dan erosi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). salah satunya perubahan hutan menjadi perkebunan kelapa sawit yang sering dianggap menjadi masalah kekeringan karena meningkatnya aliran permukaan. oleh karena itu perlu dikaji tentang aliran permukaan pada tutupan lahan kelapa sawit dengan model aliran permukaan.

Model MAPDAS adalah model simulasi aliran permukaan skala DAS dengan interval sesaat mendekati *real time* (interval waktu jam atau menit). Model ini menggunakan 4 (empat) parameter input utama simulasi, meliputi: koefisien aliran permukaan (K_r), waktu jeda, kecepatan aliran jaringan hidrografi, dan kecepatan aliran lereng. Tujuan dari penelitian adalah untuk, 1) menguji akurasi hasil hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS pada metode penentuan hujan efektif; dan 2) melakukan kajian karakteristik hidrologi DAS mikro khususnya aliran permukaan dengan lahan yang didominasi tanaman kelapa sawit menggunakan Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Model MAPDAS dengan input curah hujan berdasarkan metode koefisien runoff (K_r), indeks infiltrasi (Φ) dan SCS-CN didapat nilai K_r berkisar antara 12%-70%. Variasi nilai koefisien aliran permukaan (K_r) dipengaruhi juga dengan total curah hujan pada saat kejadian dan curah hujan sebelum kejadian. Model MAPDAS mampu mensimulasikan karakteristik hidrologi dengan baik. Dilihat dari nilai hasil uji CE lebih besar dari 0.7, yang menyatakan bahwa model ini memiliki akurasi yang tinggi sampai sangat tinggi.

Kata kunci: Model MAPDAS, Koefisien aliran permukaan (K_r), Penentuan hujan efektif

SUMMARY

FAQIHNA PIDIN. Application of MAPDAS Model on The Study of Hydrological Characteristics of Micro Watersheds With Dominant Palm Oil Cover, Jambi. Supervised by SURIA DARMA TARIGAN and BUDI KARTIWA.

One important factor for the agricultural development is the land requirement. Land requirement can imply on the land use change. Land use change can cause land and environmental degradation. Land degradation can lead to increased surface flow and erosion in a watershed. Development of oil palm plantation is important factor in land use change. This change often considered to be related to drought due to the increasing of surface flow. Regarding to this problem, it is necessary to examine the surface flows on oil palm land cover with surface flow model.

The MAPDAS model is a watershed scale simulation model with interval approaching real time (hour or minute time interval). This model uses 4 (four) main simulation input parameters, including: runoff coefficient (Kr), time lag, hydrographic network flow rate, and slope flow rate. The objective of the study were 1) to examine the accuracy of the model in 3 effective-rainfall determination method; 2) to study the hydrology characteristics of micro-watershed dominated by oil palm plantation using MAPDAS Model with 3 effective rainfall determination scenarios.

The result showed that the use of MAPDAS Model with rainfall input based on Kr, infiltration index (Φ), and SCS-CN method gave value of runoff coefficient ranged from 12 to 70%. Variations in the value of runoff coefficient (Kr) was also affected by the total rainfall at the time of occurrence and rainfall before the event. The MAPDAS Model is able to simulate hydrological characteristics with good result, shown by the CE value which is more than 0.7. categorized as high to very high accuracy.

Key words: MAPDAS Model, runoff coefficient (Kr), effective rainfall determination

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2018
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

**APLIKASI MODEL MAPDAS PADA STUDI KARAKTERISTIK
HIDROLOGI DAS MIKRO DENGAN TUTUPAN LAHAN
DOMINAN TANAMAN SAWIT, PROVINSI JAMBI**

FAQIHNA PIDIN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr Ir Enni Dwi Wahjunie, MSi

Judul Tesis : Aplikasi Model MAPDAS pada studi karakteristik hidrologi
DAS mikro dengan tutupan lahan dominan tanaman sawit, Jambi
Nama : Faqihna Pidin
NIM : A155150031

Disetujui oleh
Komisi Pembimbing

Dr Ir Suria Darma Tarigan, MSc
Ketua

Dr Ir Budi Kartiwa, CESA
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr Ir Suria Darma Tarigan, MSc

Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng

Tanggal Ujian: 16 Agustus 2018

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Dengan segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Aplikasi Model MAPDAS pada studi karakteristik hidrologi DAS mikro dengan tutupan lahan dominan tanaman sawit, Jambi”. Penelitian ini dilaksanakan sejak Bulan Januari 2017 sampai April 2018 di DAS Mikro PTPN VI.

Dalam penulisan karya ilmiah ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr Ir Suria Darma Tarigan, MSc sebagai dosen pembimbing pertama dan Dr Ir Budi Kartiwa, CESA sebagai dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
2. Dr Ir Enni Dwi Wahjunie, MSi selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukannya kepada penulis dalam penulisan tesis ini.
3. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga Penulis yang telah mendoakan dan memberikan dukungan serta kasih sayangnya kepada penulis.
4. Dosen-Dosen Pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Teman – teman dari Program Studi Ilmu Pengelolaan DAS dan program studi lain di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan yang telah memberikan motivasi kepada penulis.
6. Teman-teman kosan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis dengan tulus mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Akhir kata semoga tesis ini dapat berguna bagi pembacanya. Khususnya para mahasiswa mendatang yang melakukan penelitian pada kajian yang sama. Terimakasih.

Bogor, Agustus 2018

Faqihna Pidin

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Kerangka Pemikiran	2
Tujuan Penelitian	3
Manfaat Penelitian	4
Ruang Lingkup Penelitian	4
2 TINJAUAN PUSTAKA	4
Daerah Aliran Sungai	4
Siklus Hidrologi	5
Komponen Hidrograf	6
Model MAPDAS	7
3 METODE PENELITIAN	13
Waktu dan Lokasi Penelitian	13
Alat dan Bahan	13
Prosedur Penelitian	13
Antecedent Precipitations Index	15
Kalibrasi Model	19
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	20
Karakteristik Biofosik DAS Mikro PTPN VI	20
Analisis Debit dan Lengkung Kalibrasi Aliran Pengamatan	22
Simulasi Debit Dengan Model MAPDAS	23
Perbandingan Hidrograf Aliran Permukaan Antar Penentuan Curah Hujan Lebih Metode pada Model MAPDAS	31
5 SIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

1. Jenis Data Yang Digunakan Dalam Penelitian	14
2. Kelas Tekstur Pada Setiap Titik Sampel di DAS Mikro PTPN VI	22
3. Nilai Parameter Model MAPDAS Dari Analisis Peta	23
4. Nilai Parameter Model MAPDAS Dari Studi Literatur	23
5. Hasil <i>Running</i> MAPDAS Dengan Metode Kr	23
6. Nilai Kr Dan Nilai API5 Pada Setiap Kejadian	26
7. Hasil <i>Running</i> MAPDAS Dengan Metode Infiltrasi Indeks (Φ)	27
8. Kelompok Hidrologi Tanah Dan Curve Number Pada Penggunaan Lahan Sawit di DAS Mikro PTPN VI	30
9. Hasil <i>Running</i> Model MAPDAS Dengan Metode SCS-CN	30
10. Uji Statistik CE Hidrograf Aliran Permukaan Pada Model MAPDAS Berdasarkan 3 Skenario Penentuan Curah Hujan Neto	31

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram Kerangka Pemikiran Penelitian	3
2. Siklus Hidrologi	6
3. Bentuk Hidrograf Aliran	7
4. Ilustrasi Transformasi Hujan-Debit	8
5. Indeks Infiltrasi Φ	9
6. Pdf Waktu Tempuh Butir Air Hujan Dan Isokron	11
7. Peta Lokasi Penelitian di PTPN VI	13
8. Alat Pengukuran Curah Hujan Otomatis Pada PTPN VI	14
9. Alat Pengamatan Tinggi Permukaan Air Pada PTPN VI	15
10. Ilustrasi Penentuan Panjang Jalur Hidraulik	18
11. Sistem Order Menurut Strahler	19
12. Diagram Alur Penelitian	20
13. Peta Penggunaan Lahan DAS PTPN VI	21
14. Peta Titik Pengambilan Tekstur Tanah Pada DAS Mikro PTPN VI	21
15. Grafik Rating Curve Sungai PTPN VI	22
16. Grafik Perbandingan Debit Pengukuran Dengan Debit Simulasi Dengan Metode Kr	25
17. Grafik Perbandingan Debit Pengukuran Dengan Debit Simulasi Dengan Metode Indeks Infiltrasi	28
18. (a) grafik perbandingan debit sebelum diperbaiki time respon dan (b) grafik perbandingan debit setelah diperbaiki	29
19. Grafik Perbandingan Debit Pengukuran Dengan Debit Simulasi Dengan Metode SCS-CN	31
20. Grafik Perbandingan Uji CE Antar Metode Pada Setiap Kejadian Hujan	33

DAFTAR LAMPIRAN

1. Bilangan Kurva Aliran Permukaan Untuk Berbagai Kompleks Tanah-Penutup Tanah	38
2. Contoh Perhitungan Simulasi Model MAPDAS Dengan Penentuan Hujan Neto Berdasarkan Metode SCS	39
3. Contoh Perhitungan Simulasi Model MAPDAS Dengan Penentuan Hujan Neto Berdasarkan Metode Koefisien Aliran Permukaan (K_r)	43
4. Contoh Perhitungan Simulasi Model MAPDAS Dengan Penentuan Hujan Neto Berdasarkan Indeks Infiltrasi (Φ)	49

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu faktor penting yang mendukung pembangunan pertanian adalah kebutuhan lahan. Kebutuhan lahan pertanian dapat berimplikasi pada perubahan tata guna lahan. Dampak dari perubahan tata guna lahan adalah degradasi lahan dan lingkungan. Degradasi lahan dapat mengakibatkan peningkatan aliran permukaan dan erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Salah satu contoh kegiatan pembangunan yang dianggap penyebab degradasi lahan adalah ekspansi perkebunan kelapa sawit. Hal ini dikarenakan perkebunan kelapa sawit sering dianggap menjadi penyebab kekeringan sumber daya air dan peningkatan emisi karbon. Luas lahan yang dialokasikan untuk perkebunan kelapa sawit di daerah tropika basah akan bertambah secara signifikan pada masa mendatang (Sayer *et al.* 2012; Carrasco 2014). Berdasarkan kajian yang dilakukan di dua kabupaten di Jambi, ekspansi perkebunan kelapa sawit umumnya tidak dilakukan pada hutan primer namun pada hutan yang sudah terdegradasi bekas konsesi Hak Pengusahaan Hutan (HPH) (Tarigan *et al.* 2015). Konversi skala besar hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit ini menyebabkan meningkatkan kelangkaan air secara periodik (Merten *et al.* 2016).

Penyebab permasalahan kekeringan pada perkebunan kelapa sawit salah satunya adalah meningkatnya aliran permukaan. Aliran permukaan merupakan aliran yang terbentuk di permukaan tanah saat terjadinya hujan dan merupakan penyumbang besar hidrograf banjir karena sedikitnya air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah. Pola aliran permukaan mempresentasikan kondisi fisik DAS, maka permodelan aliran permukaan menjadi penting dalam pengelolaan DAS. Berdasarkan permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian kajian karakteristik hidrologi mikro DAS yang didominasi kelapa sawit dengan menggunakan model hidrologi.

Menurut Jain *et al.* (1997) analisis model hidrologi untuk menganalisis banjir, erosi, dan sedimen merupakan suatu usaha untuk mensimulasikan sistem hidrologi secara matematis dari curah hujan hingga limpasan permukaan (*stream flow*) yang tergambarkan dalam kurva hidrograf aliran dan biasanya dianalisis melalui permodelan prediksi debit. Salah satu model hidrologi sudah ada coba untuk meneliti tentang analisis dampak ekspansi perkebunan kelapa sawit terhadap fungsi hidrologi DAS Batang Tabir menggunakan Model SWAT tetapi hasilnya kurang menggambarkan dari hidrologinya yang ditandakan dengan nilai NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*) yang masih rendah menurut penelitian Susiwidiyalisa (2015). Sehingga perlu dilakukan analisis dengan Model Hidrologi yang lain yang dapat lebih baik menggambarkan kondisi hidrologi suatu DAS yang didominasi tanaman sawit.

Salah satu metode yang sering digunakan dalam pengembangan model prediksi debit adalah metode hidrograf satuan (*unit hydrograph*) yang pertama kali dikembangkan oleh Sherman, seorang hidrolog Amerika pada tahun 1932. Model hidrograf satuan diperkenalkan oleh Rodriguez-Iturbe dan Valdes (1979) dengan konsep hidrograf satuan geomorfologi (*Geomorphologic Instantaneous Unit hydrograph / GIUH*). Hidrograf satuan dapat diturunkan dari fungsi kerapatan

probabilitas waktu tempuh setiap butir hujan dari titik jatuhnya di permukaan DAS sampai outlet DAS (Ajward dan Muzaik 2000). Perkembangan selanjutnya adalah model *Hydrogram Unitaire Universel* (H2U) yang dikembangkan oleh Profesor Jean Duchesene pada laboratorium hidrologi Ecole Nationale Superieure Agronomique (ENSA) Rennes, Prancis. Model H2U ini menghitung kurva pdf butir hujan berdasarkan dua parameter yang dapat dihitung melalui peta jaringan sungai yaitu n , order sungai maksimum dan L rata-rata, panjang rata-rata jalur aliran sungai. Selanjutnya, pengembangan H2U diarahkan dengan memperhitungkan aspek hidrologis lereng (*hill slope*) oleh Kertiwa (2004). Kemudian dikembangkan lagi model MAPDAS (Model Aliran Permukaan Daerah Aliran Sungai) oleh Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Model MAPDAS adalah model simulasi aliran permukaan skala DAS dengan interval sesaat mendekati *real time* (interval waktu jam atau menit). Model ini menggunakan 4 (empat) parameter input utama simulasi, meliputi: koefisien aliran permukaan (K_r), waktu jeda, kecepatan aliran jaringan hidrografi, dan kecepatan aliran lereng.

Keunggulan model MAPDAS terletak pada keluasan cakupan aplikasinya serta kesederhanaan perhitungannya. Kesederhanaan model ditunjukkan oleh parameter model yang hanya berjumlah 4 dan dapat dikuantifikasi secara mudah pada peta jaringan sungai. Model ini dapat diaplikasikan untuk simulasi aliran permukaan pada DAS besar ($> 10\,000\text{ km}^2$) ataupun DAS mikro ($> 10\text{ km}^2$) dengan kualitas simulasinya memadai hingga 90% tingkat kemiripan dan Mampu memsimulasi aliran permukaan dalam beberapa skenario perubahan tutupan lahan. Model aliran permukaan untuk menahan resiko banjir dan kekeringan yang efektif adalah kombinasi model MAPDAS dan sistem informasi geografi (SIG) (Mizwar 2012).

Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Perubahan karakteristik hidrologi DAS dari tutupan lahan hutan menjadi perkebunan kelapa sawit menyebabkan terjadinya kekeringan dan degradasi pada lahan tersebut.
2. Mengkaji salah satu model hidrologi yang tepat untuk menggambarkan karakteristik hidrologi pada DAS mikro dengan tutupan lahan dominan tanaman sawit.

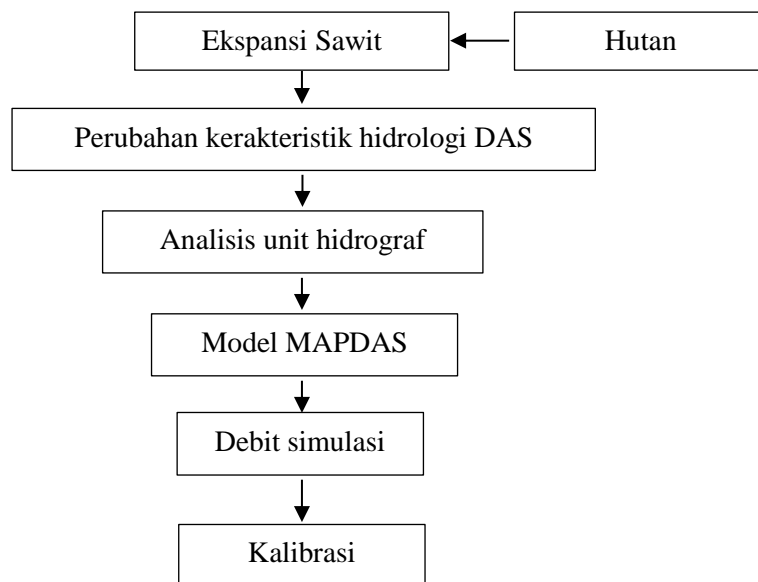
Kerangka Pemikiran

DAS secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah atau kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkan melalui anak-anak sungai utama ke laut ataupun danau. Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat memanipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di suatu DAS untuk memperoleh produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumberdaya air dan tanah. Pemahaman tentang

proses siklus hidrologi pada suatu DAS merupakan hal yang penting agar pengelolaan DAS dapat dikelola dengan benar.

Salah satu bentuk pengelolaan DAS adalah dengan melihat perubahan lahan pada suatu DAS yang banyak beralih fungsi. Salah satu contohnya perubahan hutan menjadi perkebunan kelapa sawit menjadi isu penyebab kekeringan sumber daya air dan peningkatan emisi karbon. Dalam hal ini, peneliti hanya fokus pada isu kekeringan sumber daya airnya dan melakukan kajian karakteristik hidrologi DAS mikro yang didominasi penggunaan lahan kelapa sawit.

Penelitian ini menerapkan Model MAPDAS yang merupakan penggambaran permodelan hidrograf unit transfer. Transformasi hujan menjadi debit di titik pelepasan suatu DAS merupakan sebuah proses yang kompleks. Setelah didapat besaran nilai debit lalu akan diuji/ dikalibrasi sehingga didapat nilai debit simulasi untuk dianalisis terhadap dampak penggunaannya. Berikut ini kerangka berpikir (Gambar 1).



Gambar 1 Diagram kerangka pemikiran penelitian

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menguji akurasi hasil hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif.
2. Melakukan kajian karakteristik hidrologi DAS mikro khususnya aliran permukaan dengan lahan yang didominasi tanaman kelapa sawit menggunakan Model MAPDAS pada 3 skenario penentuan hujan efektif.

Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perubahan karakteristik hidrologi DAS mikro yang didominasi tanaman sawit untuk mengklarifikasi terhadap isu-isu negatif lingkungan dari perkebunan kelapa sawit.
2. Dengan diperolehnya informasi hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan dalam pengelolaan DAS.

Ruang Lingkup Penelitian

Secara kewilayahan, penelitian ini dibatasi hanya di DAS Mikro yang didominasi dengan penggunaan perkebunan sawit di area PTPN VI. Sementara dari segi kajian hanya mencakup aspek karakteristik hidrologi DAS sedangkan untuk aspek sosial, ekonomi dan kelembagaan tidak dikaji dalam penelitian ini.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh topografi secara alami berupa punggung bukit sehingga semua air hujan yang jatuh di daerah tersebut mengalir ke satu titik pembuangan atau outlet yang sama. DAS merupakan suatu ekosistem khas yang di dalamnya terdapat berbagai macam aktivitas yang mampu menunjang kelestarian DAS tersebut. Aktivitas tersebut diantaranya pertumbuhan penduduk, pengelolaan lahan, perubahan penggunaan lahan dan lainnya. Perlakuan yang tidak tepat dalam kegiatan-kegiatan tersebut akan merusak fungsi DAS baik secara hidrologi dan fisik.

Menurut PP No. 37 Tahun 2012, DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Fungsi DAS didefinisikan sebagai suatu keadaan bagaimana kondisi suatu lanskap mempengaruhi kualitas, kuantitas, dan periode waktu suatu aliran sungai (atau air tanah), yang secara rinci dapat dijabarkan bagaimana suatu lanskap mempengaruhi: (1) transmisi/proses aliran sungai, (2) kemampuan menyangga dan (3) pelepasan secara perlahan-lahan curah hujan yang disimpan di tanah, (4) kualitas air, dan (5) menjaga keutuhan tanah pada DAS. Kelima kriteria tersebut terangkum dalam indikator-indikator kuantitatif berikut, yang dapat diterapkan dalam menilai DAS pada skala yang berbeda (Rahayu *et al.* 2009).

Dalam mempelajari ekosistem DAS, daerah aliran sungai biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Secara biogeofisik daerah hulu dicirikan

oleh hal-hal sebagai berikut: merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng lebih besar (>15%), bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut: merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (< 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi hutan bakau/gambut (Asdak 2007).

Menurut Asdak (2007) dari segi fisik indikator untuk mengetahui normal tidaknya suatu DAS dapat dilihat dari beberapa hal, dimana suatu DAS dikategorikan dalam kondisi baik apabila memiliki ciri sebagai berikut:

- a. koefisien air larikan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larikan terhadap besarnya curah hujan, berfluktuasi secara normal, dalam artian nilai C dari sungai utama di DAS yang bersangkutan cenderung kurang lebih sama dari tahun ke tahun,
- b. nisbah debit maksimum dan minimum (Q_{max}/Q_{min}) relatif stabil dari tahun ke tahun dan
- c. tidak banyak terjadi perubahan koefisien arah pada kurva kadar lumpur (C_s) terhadap debit sungai (Q).

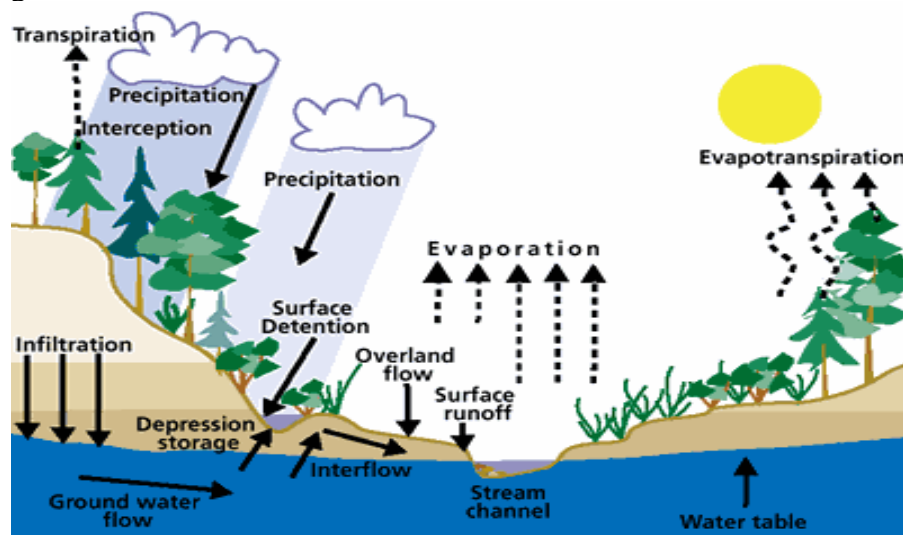
DAS mikro atau *microatchment* merupakan DAS yang berukuran kecil, yaitu < 13 km². DAS mikro merupakan bagian dari sub DAS yang merespon langsung terhadap hujan jika terjadi perubahan sistem fungsi produksinya. Fungsi produksi pada suatu DAS merupakan proses transfer curah hujan menjadi aliran permukaan yang terjadi pada dua tahap, pertama adalah gerakan hujan total menjadi hujan efektif, dan kedua adalah fungsi transfer yaitu konversi hujan efektif menjadi aliran permukaan langsung (Pawitan 1998). DAS mikro diartikan sebagai fungsi skala teknis dimana semua parameter fisik DAS telah terpenuhi, diantaranya adalah batas DAS, jaringan sungai, curah hujan, faktor tanah dan penggunaan lahan. Perubahan salah satu pada fungsi parameter fisik ini akan merespon perubahan terhadap semua sistem DAS.

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan peristiwa yang berulang dimana air yang jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju dan embun akan mengalami berbagai peristiwa, kemudian akan menguap ke udara menjadi awan dan dalam bentuk hujan, salju dan embun jatuh kembali kebumi (Arsyad 2010). Peristiwa yang terjadi pada saat hujan turun adalah

1. Intersepsi (*interception*) merupakan bagian hujan yang jatuh dan ditahan pada permukaan vegetasi. Air hujan yang tertahan dipermukaan vegetasi sebagian akan menguap ke udara dan sebagian lagi akan jatuh langsung ke permukaan tanah melalui ruang antar tajuk disebut lolosan tajuk (*through fall*), dan juga mengalir melalui batang sampai permukaan tanah disebut aliran batang (*stem flow*).
2. *Surface detention* merupakan penambatan aliran permukaan tanah dimana air dalam proses ini tidak akan terserap kedalam tanah.

3. *Depression storage* simpanan permukaan tanah yang mengisi cekungan tanah.
4. Aliran permukaan (*surface runoff/over land flow*) merupakan air yang mengalir di permukaan tanah
5. Infiltrasi (*infiltration*) merupakan peristiwa masuknya air ke dalam tanah
6. Perkolasi, merupakan pergerakan air di dalam tanah secara vertikal
7. Aliran lateral (*inter flow*) merupakan air yang mengalir di bawah permukaan tanah
8. Aliran dasar (*base flow/ground water flow*) merupakan aliran bawah tanah yang masuk ke dalam sungai, waduk, danau atau laut.
9. Evapotranspirasi (*evapotranspiration*) terdiri dari evaporasi dan transpirasi, evaporasi merupakan peristiwa menguapnya air hujan dari permukaan tanah atau air, sementara transpirasi peristiwa menguapnya air dari permukaan vegetasi.

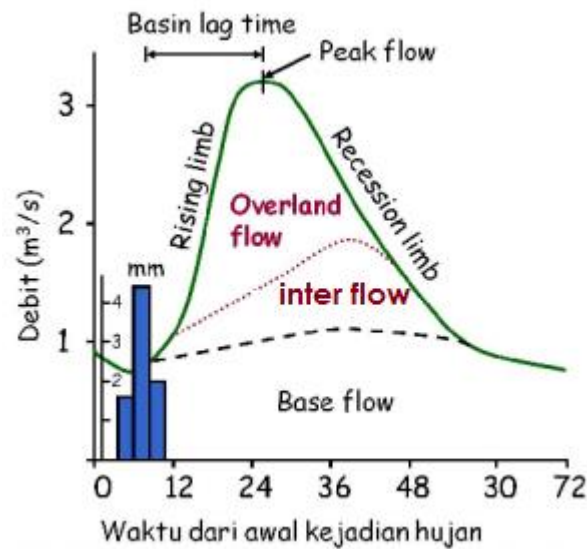


Gambar 2 Siklus hidrologi (sumber: <http://xylemfloem.blogspot.co.id>)

Komponen Hidrograf

Hidrograf aliran menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran (dalam hal ini debit) di sungai dalam suatu DAS pada suatu lokasi tertentu. Hidrograf aliran suatu DAS merupakan bagian penting yang diperlukan dalam berbagai perencanaan bidang sumber daya air (Natakusumah *et al.* 2011).

Hidrograf menjadi 3 bagian yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi resesi (*recession limb*). Bentuk hidrograf dapat ditandai dari tiga sifat pokoknya, yaitu waktu naik (*time of rise*), debit puncak (*peak discharge*) dan waktu dasar (*base time*). Waktu naik adalah waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai terjadinya debit puncak. Debit puncak (Q_p) adalah debit maksimum yang terjadi dalam kejadian hujan tertentu. Waktu dasar (T_b) adalah waktu yang diukur saat hidrograf mulai naik sampai waktu dimana debit kembali pada suatu besaran yang ditetapkan (Patra 2008).



Gambar 3 Bentuk hidrograf aliran (Indarto 2015)

Komponen penyusun hidrograf aliran antara lain; air yang berasal langsung dari hujan (*precipitation*), limpasan permukaan (*over land flow*), aliran bawah tanah (*inter flow*), dan aliran air tanah (*base flow*).

Beberapa faktor yang mempengaruhi hidrograf antara lain faktor hujan (jumlah, intensitas, distribusi, dan durasi hujan), faktor permukaan lahan (tanah, topografi, penggunaan lahan), karakteristik fisik DAS (bentuk dan luas DAS), dan komponen penyusun DAS (Nugroho 2001).

Model MAPDAS

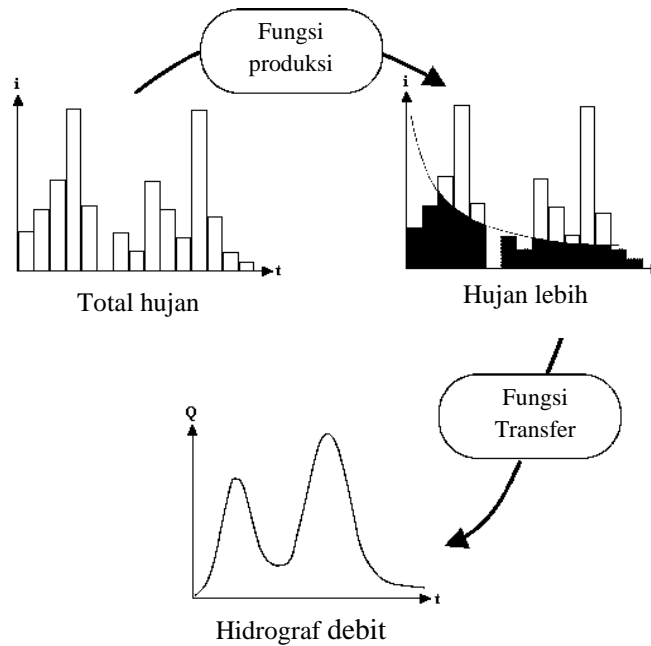
MAPDAS adalah model simulasi aliran permukaan skala DAS dengan interval sesaat mendekati real time (jam bahkan menit). Model ini menggunakan 4 (empat) parameter input utama simulasi, meliputi koefisien aliran permukaan (K_r), waktu jeda, kecepatan aliran jaringan hidrografi, dan kecepatan aliran lereng. MAPDAS juga menyajikan peta wilayah curah hujan di seluruh Indonesia.

Keunggulan MAPDAS dapat diaplikasikan untuk simulasi aliran permukaan pada DAS skala mikro (± 100 ha) hingga DAS skala makro (> 100 km²). Kualitas simulasinya memadai hingga 90% tingkat kemiripan. Mampu mensimulasi aliran permukaan dalam beberapa skenario perubahan tutupan lahan. Dapat digunakan untuk membuat rekomendasi pola tanam secara cepat dan akurat terutama untuk tanaman pangan (Kartiwa 2005).

Model MAPDAS merupakan transformasi hujan menjadi debit di titik pelepasan (*outlet*) suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan sebuah proses sangat kompleks. Untuk membuat skema proses tersebut, para hidrolog membaginya menjadi dua bagian: fungsi produksi (*production function/loss function*) dan fungsi alihan (*transfert function*).

Fungsi produksi menyatakan transformasi curah hujan menjadi curah hujan lebih (*effective rainfall*) melalui berbagai tahapan proses diantaranya: intersepsi oleh tajuk tanaman, penyimpanan oleh cekungan, evaporasi dan infiltrasi. Dalam pemodelan hujan-debit, semua proses tersebut di atas dianggap sebagai kehilangan

input hujan. Sedangkan fungsi alihan adalah transformasi curah hujan lebih menjadi hidrograf debit aliran permukaan (Gambar 4).



Gambar 4. Ilustrasi transformasi hujan-debit

Sub Permodelan Fungsi Produksi

Sub permodelan fungsi produksi adalah proses yang diperlukan untuk mentransformasi curah hujan menjadi curah hujan neto (hujan efektif). Hujan neto adalah hujan yang tidak dapat ditahan oleh permukaan ataupun diinfiltrasikan ke dalam tanah. Hidrograf hujan neto adalah penting dalam studi transformasi hujan debit (Chow *et al.* 1988). Penentuan hujan neto dapat digunakan 4 metode antara lain:

1. Penentuan hujan neto berdasarkan koefisien aliran permukaan

Koefisien aliran permukaan (K_r) adalah rasio antara volume aliran permukaan dengan volume presipitasi. Dengan demikian, hujan efektif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Ru = \sum_{m=1}^M Pb_m \cdot K_r$$

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm)

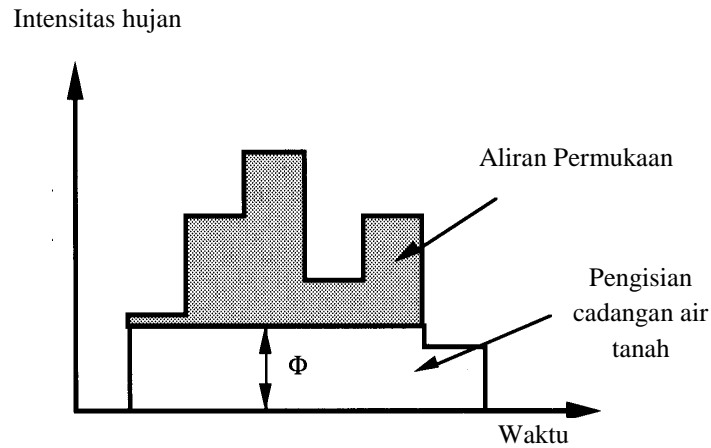
Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm)

K_r : koefisien aliran permukaan

M, m : interval waktu

2. Penentuan hujan neto berdasarkan Indeks infiltrasi (Φ)

Indeks infiltrasi (Φ) merepresentasikan besaran kapasitas infiltrasi rata-rata yang menentukan intensitas hujan pada interval tertentu untuk terinfiltrasi atau mengalir sebagai aliran permukaan (Gambar 5).



Gambar 5 Indeks infiltrasi Φ (Llamas, 1993)

Nilai Φ ditetapkan berdasarkan rumus dibawah ini :

$$Ru = \sum_{m=1}^M (Pb_m - \Phi \Delta t)$$

dimana :

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm)

Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm)

M,n : interval waktu

3. Penentuan hujan neto berdasarkan metode SCS

Dinas Konservasi tanah Amerika atau *US Soil Conservation Service* (US-SCS) mengembangkan suatu metode dalam memprediksi aliran permukaan dengan menggunakan karakteristik tanah, vegetasi dan penggunaan lahan. Singh *et al.* (2008) menyatakan SCS-CN merupakan metode yang dikembangkan pada bidang hidrologi, pertanian dan teknik lingkungan. SCS telah mengembangkan satu metode untuk menghitung hujan lebih dengan mengenalkan prosedur sederhana disebut tehnik bilangan kurva (*curve number*) dapat dilihat pada Lampiran I.

Menurut metode ini, aliran permukaan (atau hujan lebih) dihitung menurut persamaan :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}, \quad S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Q : debit aliran permukaan atau hujan lebih (mm)

P : curah hujan (mm)

I_a : kehilangan inisial (mm)

S : retensi potensial maksimum (mm)

CN : *Curve Number* (tidak berdimensi, ditentukan berdasarkan Schwab *et al.* 1981)

4. Penentuan hujan neto berdasarkan aplikasi persamaan infiltrasi

Pada saat hujan, bagian yang dianggap sebagai kehilangan presipitasi terdiri dari intersepsi oleh penutup tajuk, simpanan depresi permukaan seperti air yang terakumulasi dalam cekungan dan infiltrasi ke dalam tanah. Intersepsi dan simpanan depresi permukaan ditentukan oleh karakteristik vegetasi serta

karakteristik permukaan tanah atau dianggap dapat diabaikan untuk kejadian hujan dengan intensitas tinggi (Chow 1988).

Untuk menghitung hujan neto, beberapa persamaan infiltrasi yang telah dikembangkan seperti Green - Ampt (1911), Horton (1933) dan Philip (1957) dalam Chow (1988) dapat digunakan. Sebagai contoh akan disajikan perhitungan hujan neto berdasarkan aplikasi persamaan infiltrasi menurut Horton. Menurut Xu (2003) Horton menghubungkan faktor penurunan infiltrasi yang utama terjadi di permukaan tanah daripada proses masuknya air ke dalam tanah. Serta didukung oleh Penemuan Beven (2004), setelah membuat sebuah arsip karya ilmiah penelitaian Horton bahwa model konseptual infiltrasi Horton untuk proses infiltrasi jauh lebih canggih dan lebih lengkap dari biasanya yang disajikan dalam tulisan-tulisan hidrologi. Selain itu, pemahaman tentang kontrol permukaan pada infiltrasi terus memiliki relevansi sampai saat ini (Beven 2004).

Konsep Horton menyatakan kapasitas infiltrasi sesaat sebagai fungsi waktu menurut persamaan:

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$$

- $f(t)$: kapasitas infiltrasi pada waktu t (mm/menit)
 f_o : kapasitas infiltrasi awal (mm/menit)
 f_c : kapasitas infiltrasi final (mm/menit)
 k : konstanta (menit^{-1})
 t : waktu (menit)

Dengan mengintegrasikan persamaan di atas, akan kita dapatkan persamaan untuk menghitung volume infiltrasi (F) pada waktu t :

$$F(t) = f_c \cdot t + (f_o - f_c)(1 - e^{-kt})/k$$

Untuk mempermudah perhitungan pada pemodelan fungsi produksi, kita harus mengintegrasikan persamaan infiltrasi sesaat Horton ke dalam persamaan di atas sehingga akan diperoleh model matematik yang menghubungkan antara kapasitas infiltrasi sesaat (f) dengan volume infiltrasi (F):

$$f(t) = f_o - k [F(t) - f_c \cdot t]$$

Persamaan ini dapat menghitung kapasitas infiltrasi sesaat pada semua kondisi baik tanah telah jenuh atau belum sebagai fungsi dari jenuh air yang sudah terinfiltrasi sebelumnya. Berdasarkan persamaan di atas, intensitas hujan neto ($P_n(t)$) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

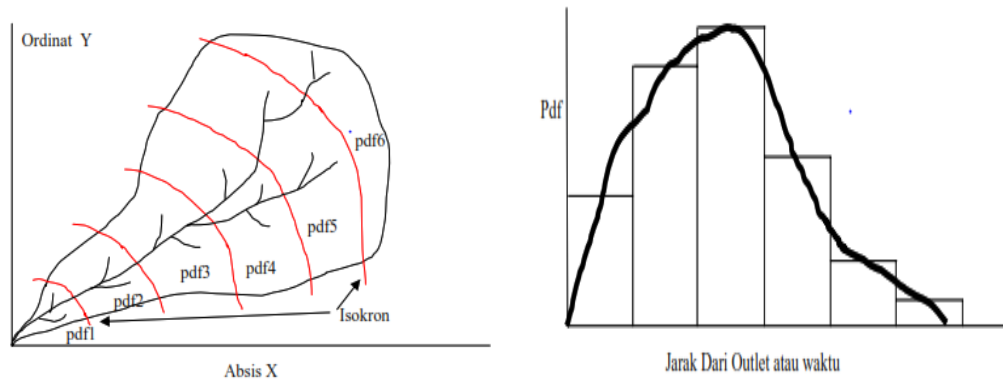
$$P_n(t) = P_b(t) - \{f_o - k[F(t) - f_c \cdot t]\}$$

- $P_b(t)$: intensitas hujan bruto pada waktu t (mm/menit)
 $f(t)$: kapasitas infiltrasi pada waktu t (mm/menit)
 f_o : kapasitas infiltrasi awal (mm/menit)
 f_c : kapasitas infiltrasi final (mm/menit)
 k : konstanta (menit)

Sub Permodelan Fungsi Transfer

Sub permodelan fungsi transfer adalah proses yang diperlukan untuk mentransformasi curah hujan neto menjadi hidrograf debit. Permodelan fungsi transfer yang digunakan dalam penelitian ini adalah model H2U yang telah

dimodifikasi (Kartiwa 2004). Model ini merupakan pengembangan lebih lanjut konsep HUIG menurut Rodriguez-Iturbe dan Valdes (1979). Model H2U menghitung kurva fungsi kerapatan peluang (pdf) butir hujan berdasarkan dua parameter yang dapat dihitung secara mudah pada peta jaringan sungai yaitu n , order sungai maksimum menurut Strahler (1964) dan \bar{L} rata-rata, panjang rata-rata jalur aliran air.



Gambar 6 Pdf waktu tempuh butir air hujan dan isokron

Fungsi kerapatan peluang (pdf) jaringan hidrologi secara klasik dapat pula diperoleh dari rasio jumlah sungai orde satu pada setiap isokron terhadap total jumlah sungai orde satu di seluruh DAS (Smart 1972 dalam Chow *et al.*, 1998). Isokron adalah suatu garis maya yang membatasi luasan area dari suatu DAS dimana hujan yang jatuh di dalamnya kemudian menjadi aliran permukaan diasumsikan mempunyai waktu tempuh yang sama mengalir menuju outlet. Sedangkan area di dalam batas dua garis isokron disebut sebagai isodistance. Ilustrasi untuk pdf dan isokron dapat dilihat pada Gambar 6.

$$\rho(L) = \frac{dN_L}{N \cdot dL} = \left(\frac{n}{2 \cdot \bar{L}} \right)^2 \cdot \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot L^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n \cdot L}{2 \cdot \bar{L}}}$$

- $\rho(L)$: pdf panjang alur hidraulik
- L : panjang alur hidraulik
- n : order sungai
- \bar{L} : panjang rata-rata alur hidraulik
- Γ : fungsi gamma

Versi awal model H2U tidak memperhitungkan aspek hidrologis lereng (*hillslope*). Berdasarkan asumsi bahwa order sungai maksimum (n) pada lereng adalah sama dengan 2, maka persamaan di atas dapat digunakan untuk menghitung pdf lereng dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\rho_v(l_o) = \frac{1}{l_o} \cdot e^{-\frac{l_o}{\bar{l}_o}}$$

- $\rho(l_o)$: pdf panjang alur hidraulik pada lereng
- l_o : panjang alur hidraulik pada lereng
- \bar{l}_o : panjang alur hidraulik rata-rata pada lereng

Selanjutnya, dengan menetapkan kecepatan aliran pada lereng, pdf waktu tempuh butir hujan pada lereng dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_v(t) = \frac{\bar{V}_v}{l_o} \cdot e^{-\frac{\bar{V}_v \cdot t}{l_o}}$$

- $\rho_v(t)$: pdf lereng sebagai fungsi waktu t.
 \bar{V}_v : kecepatan aliran rata-rata pada lereng
 l_o : panjang rata-rata jalur hidraulik pada lereng
t : interval waktu

Sedangkan untuk menghitung pdf waktu tempuh butir hujan pada jaringan sungai, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{RH}(t) = \left(\frac{n \cdot \bar{V}_{RH}}{2 \cdot \bar{L}} \right)^n \cdot \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot t^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n \cdot \bar{V}_{RH} \cdot t}{2 \cdot \bar{L}}}$$

- $\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t.
 n : order maksimum DAS
 \bar{V}_{RH} : kecepatan aliran rata-rata pada jaringan sungai
 \bar{L} : panjang rata-rata jalur hidraulik pada jaringan sungai
 Γ : fungsi gamma
t : interval waktu

Untuk mendapatkan pdf DAS, dihitung berdasarkan hasil konvolusi antara pdf lereng dengan pdf jaringan sungai :

$$\rho_{DAS}(t) = \rho_v(t) \otimes \rho_{RH}(t)$$

- $\rho_{DAS}(t)$: pdf DAS sebagai fungsi waktu t.
 $\rho_v(t)$: pdf lereng sungai sebagai fungsi waktu t.
 $\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t.

Untuk menghitung debit aliran permukaan, digunakan rumus sebagai berikut :

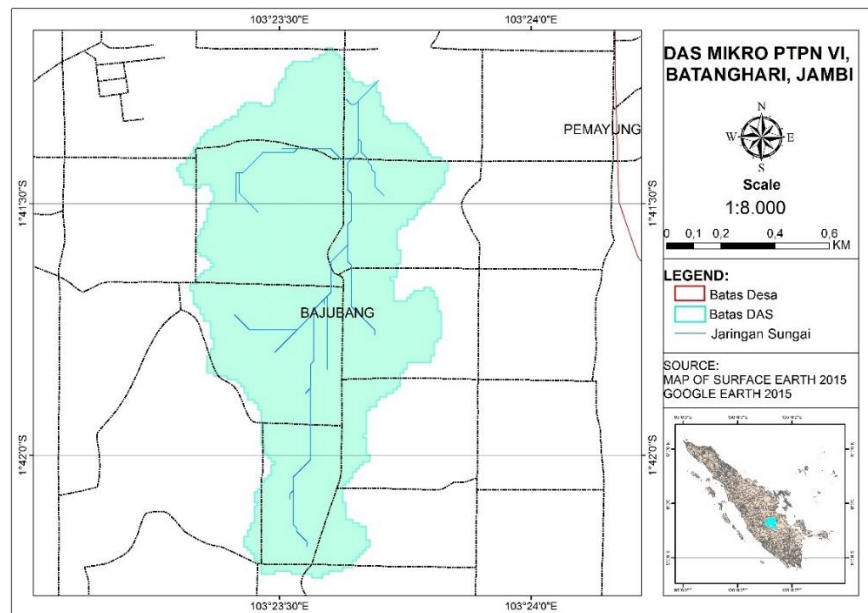
$$Q(t) = S[PN(t) \otimes \rho(t)]$$

- $Q(t)$: debit aliran permukaan pada waktu t
S : luas DAS
PN(t) : intensitas hujan lebih pada waktu t
 $\rho(t)$: pdf waktu tempuh butir hujan pada waktu t dihitung dari pdf panjang alur hidraulik berdasarkan penetapan kecepatan aliran
 \otimes : simbol konvolusi

3 METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan dari Januari 2017 – April 2018 di DAS mikro di daerah PTPN VI yang terletak $1^{\circ}41'20''$ LS – $1^{\circ}42'30''$ LS dan $103^{\circ}23'00''$ BT – $103^{\circ}24'10''$ BT (Gambar 7) yang didominasi penggunaan lahan kebun kelapa sawit dengan luas 111 ha. Daerah penelitian terletak Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi.



Gambar 7 Peta lokasi penelitian di PTPN VI

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: *Digital Elevation Model* (DEM), Peta Tutupan lahan 2015 yang bersumber dari Google Earth dan pengecekan langsung dilapang, Peta Tanah dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP). Alat yang digunakan berupa seperangkat komputer sistem operasi *Windows* yang dilengkapi dengan perangkat lunak *ArcGIS 10.1*, *Autocad 2015*, *Microsoft Office 2013*, beberapa peralatan penunjang lainnya seperti hobo meter, alat tulis, kamera digital, dan *Global Positioning System* (GPS).

Prosedur Penelitian

Metode pengelompokan jenis data untuk persiapan di lapang

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan pendekatan metode survei, yaitu perolehan data yang dilakukan dengan cara langsung dikumpulkan dari sumber pertama atau pengukuran langsung di lapang (data

primer) dan dari intansi terkait atau secara tidak langsung (data sekunder). Data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 1.

1. Data primer
Data primer diperoleh melalui pengambilan data yang langsung di lokasi studi. Data primer yang dikumpulkan yaitu data curah hujan, debit, dan infiltrasi.
2. Data sekunder
Jenis data sekunder yang dibutuhkan dalah sebagai berikut:
 - a. Peta tutupan lahan skala 1:10.000 tahun 2015 dan *ground check* dengan survey lapang.
 - b. Peta tanah skala 1: 50.000
 - c. DEM

Tabel 1 Jenis data yang digunakan dalam penelitian

Jenis Data	Unit Data	Sumber
Peta Tutupan lahan tahun 2015	1: 10.000	Google Earth dan cek lapang
<i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	12,5 meter	Portal Earth Explorer http://earthexplorer.usgs.gov/
Curah Hujan	5 menit	Pengukuran langsung
Debit	5 menit	Pengukuran langsung
Peta Tanah	1: 50.000	http://sisultan.litbang.pertanian.go.id/
Infiltrasi		Pengukuran langsung

Metode pengambilan data dan analisis curah hujan

Curah hujan diambil langsung dari alat pengukur curah hujan otomatis yang sudah terpasang di PTPN VI (Gambar 8). Data yang diambil pada alat pengukur adalah data per 5 menit. Pemilihan Kejadian hujan sebagai input pada model berdasarkan hujan tunggal yang menghasilkan hidrograf aliran dengan puncak tunggal dan tinggi hujan harian yang melebihi atau sama dengan 20 mm.



Gambar 8 Alat pengukuran curah hujan otomatis pada PTPN VI

Metode pengambilan contoh tekstur tanah

Pengambilan contoh tanah untuk menganalisis tekstur tanah dengan cara membuka profil tanah dan mengambil contoh tanahnya pada kedalaman dua interval kedalaman tanah (kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm).

Metode pengambilan data debit

Debit aliran dihitung berdasarkan hidrograf aliran pengukuran yang dihasilkan dari data tinggi muka air (TMA) dengan lengkungan kalibrasi aliran. Tinggi muka air diperoleh dari data yang terekam pada pencatat otomatis tinggi muka air atau *Automatic Water Level Recorder (AWRL)* yang di pasang pada titik outlet DAS Mikro PTPN VI (Gambar 9).



Gambar 9 Alat pengamatan tinggi permukaan air pada PTPN VI

Perhitungan debit aliran diperoleh dari hasil perkalian kecepatan aliran rata-rata (m^3/s) dengan luas penampang melintang basah (m^2) yang dirumuskan sebagai berikut (Arsyad 2010):

$$Q = V \times A$$

- Q : debit aliran (m^3/s)
 V : kecepatan aliran (m/s)
 A : luas penampang melintang basah (m^2)

Pengukuran debit aliran dilakukan dengan beberapa ulangan pada tinggi muka air yang berbeda sehingga diperoleh hubungan antara debit aliran dengan tinggi muka air dari penampang sungai tersebut dalam sebuah *discharge rating curve* atau lengkung aliran.

Berdasarkan hubungan tinggi muka air dan debit aliran diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Q = a \text{ TMA }^b$$

- Q : debit aliran (m^3/s)
 TMA : tinggi muka air (m)
 a,b : konstanta

Antecedent Precipitations Indeks (API)

Kelembaban tanah daerah penelitian dapat diperkirakan dengan menggunakan parameter API . semakin tinggi nilai API maka semakin lembab

kelembaban tanah akan semakin tinggi pula. Kohler dan Linsley (1951) mengemukakan sebuah hubungan yang terdiri dari durasi hujan dan API, dimana kelembaban tanah akan habis selama waktu tidak ada hujan. Penelitian ini melihat nilai API untuk 5 hari (API5). Nilai API dihitung melalui persamaan:

$$API_n = (API_{n-1} + P_n - 1)e^{-\alpha \Delta t}$$

API_n : *antecedent precipitations indeks* pada n hari sebelumnya

P_n : curah hujan (mm)

α : kebalikkan dari waktu karakteristik penurunan kelembaban tanah (hari^{-1})

Δt : selisih waktu hari n (hari)

Metode Analisis Data pada Model

Model MAPDAS ini dibagi menjadi dalam dua kegiatan yaitu sub permodelan fungsi produksi dan sub permodelan fungsi transfer.

Sub permodelan fungsi produksi

Penentuan hujan neto pada penelitian ini menggunakan tiga skenario antara lain:

1. Penentuan hujan neto berdasarkan koefisien aliran permukaan

Koefisien aliran permukaan (K_r) adalah rasio antara volume aliran permukaan dengan volume presipitasi. Contoh perhitungan dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 3. Dengan demikian, hujan neto dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Ru = \sum_{m=1}^M Pb_m \cdot K_r$$

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm),

Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm),

K_r : koefisien aliran permukaan

M, n : interval waktu

2. Penentuan hujan neto berdasarkan indeks infiltrasi (Φ)

Indeks infiltrasi Φ merepresentasikan besaran kapasitas infiltrasi rata-rata yang menentukan intensitas hujan pada interval tertentu untuk terinfiltrasi atau mengalir sebagai aliran permukaan. Contoh perhitungan dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 4.

$$Ru = \sum_{m=1}^M (Pb_m - \Phi \Delta t)$$

Ru : aliran permukaan total dari pengamatan berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (mm),

Pb_m : intensitas hujan bruto untuk interval m (mm), dan

$\Phi \Delta t$: selisih indeks infiltrasi pada tiap waktu (mm)

M, n : interval waktu

3. Penentuan hujan neto berdasarkan metode SCS-CN

Dinas Konservasi tanah Amerika atau *US Soil Conservation Service* (US-SCS) mengembangkan suatu metode dalam memprediksi aliran permukaan dengan

menggunakan karakteristik tanah, vegetasi dan penggunaan lahan. Singh *et al.* (2008) menyatakan SCS-CN merupakan metode yang dikembangkan pada bidang hidrologi, pertanian dan teknik lingkungan. SCS telah mengembangkan satu metode untuk menghitung hujan neto dengan mengenalkan prosedur sederhana disebut teknik bilangan kurva (*curve number*). Contoh perhitungan dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

Menurut metode ini, aliran permukaan (atau hujan neto) dihitung menurut persamaan :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}, \quad S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

- Q : debit aliran permukaan atau hujan neto (mm),
P : curah hujan (mm),
I_a : kehilangan inisial (mm),
S : retensi potensial maksimum (mm),
CN : *Curve Number*

Sub Permodelan Fungsi Transfer

Sub permodelan fungsi transfer adalah proses yang diperlukan untuk mentransformasi curah hujan neto menjadi hidrograf debit. Permodelan fungsi transfer yang digunakan dalam penelitian ini adalah model H2U yang telah dimodifikasi (Kartiwa 2004). Selanjutnya dengan menetapkan kecepatan aliran pada lereng, pdf waktu tempuh butir hujan pada lereng dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_v(t) = \frac{\bar{V}_v}{l_o} \cdot e^{-\frac{\bar{V}_v \cdot t}{l_o}}$$

- $\rho_v(t)$: pdf lereng sebagai fungsi waktu t,
 \bar{V}_v : kecepatan aliran rata-rata pada lereng ,
 \bar{l}_o : panjang rata-rata jalur hidraulik pada lereng,
t : interval waktu

Adapun untuk menghitung pdf waktu tempuh butir hujan pada jaringan sungai, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{RH}(t) = \left(\frac{n \cdot \bar{V}_{RH}}{2 \cdot \bar{L}} \right)^{\frac{n}{2}} \cdot \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \cdot t^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n \cdot \bar{V}_{RH} \cdot t}{2 \cdot \bar{L}}}$$

- $\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t,
 $\frac{n}{2}$: order maksimum DAS,
 \bar{V}_{RH} : kecepatan aliran rata-rata pada jaringan sungai,
 \bar{L} : panjang rata-rata jalur hidraulik pada jaringan sungai,
 Γ : fungsi gamma,
T : interval waktu

Untuk mendapatkan pdf DAS, dihitung berdasarkan hasil konvolusi antara pdf lereng dengan pdf jaringan sungai :

$$\rho_{DAS}(t) = \rho_v(t) \otimes \rho_{RH}(t)$$

$\rho_{DAS}(t)$: pdf DAS sebagai fungsi waktu t,

$\rho_v(t)$: pdf lereng sungai sebagai fungsi waktu t,

$\rho_{RH}(t)$: pdf jaringan sungai sebagai fungsi waktu t.

Untuk menghitung debit aliran permukaan, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q(t) = S[PN(t) \otimes \rho(t)]$$

$Q(t)$: debit aliran permukaan pada waktu t,

S : luas DAS, $PN(t)$: intensitas hujan lebih pada waktu t,

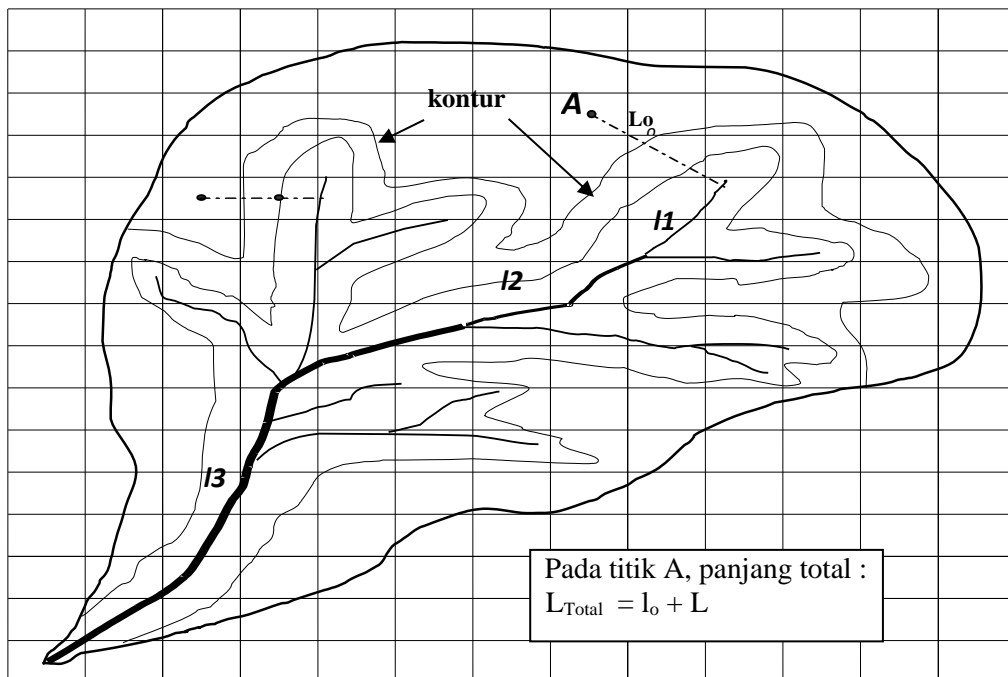
$\rho(t)$: pdf waktu tempuh butir hujan pada waktu t dihitung dari pdf panjang alur hidraulik berdasarkan penetapan kecepatan aliran,

\otimes : simbol konvolusi

Penentuan Panjang Jalur Hidraulik

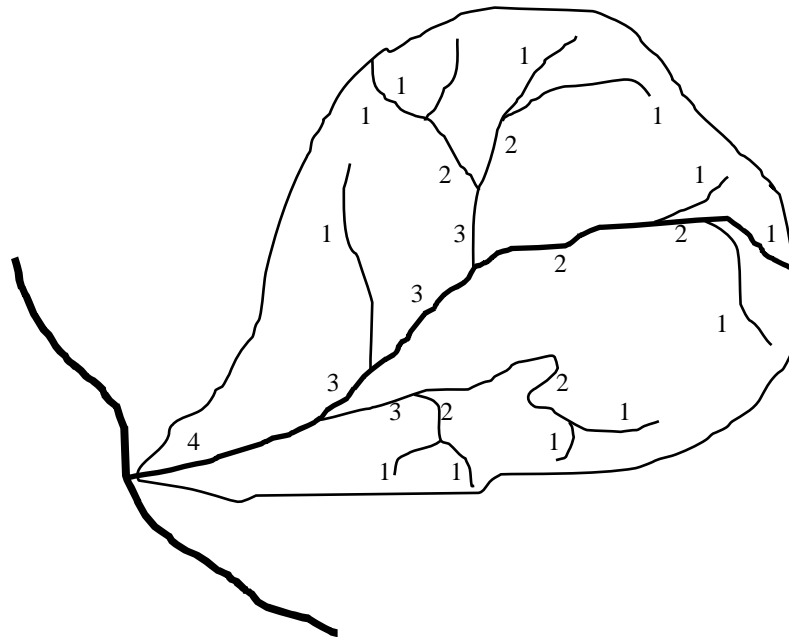
Alur hidraulik diistilahkan sebagai alur di atas permukaan tanah yang dilalui aliran permukaan tanah yang dilalui aliran air yang berasal dari suatu kejadian hujan. Alur hidraulik diukui dari mulai titik jatuh butir hujan hingga titik luaran DAS. Alur hidraulik dapat berupa cekungan permanen yang teramati secara visual di lapang sehingga dapat dipetakan (disebut alur hidraulik jaringan sungai) maupun alur hidraulik artifisial yang tidak teramati sehingga diasumsikan merupakan alur yang memotong garis kontur, yang terbentuk karena gerakan mengalir dari air akibat gravitasi bumi (disebut alur hidraulik lereng).

Gambar 10 mengilustrasikan teknik pembuatan grid untuk menentukan panjang alur hidraulik lereng dan panjang alur hidraulik jaringan sungai dari setiap butir hujan yang jatuh dipermukaan DAS, yang direpresentasikan oleh titik-titik pusat grid.



Gambar 10 Ilustrasi penentuan panjang jalur hidraulik

Penentuan Orde Sungai



Gambar 11 Sistem Order menurut Strahler (1964)

Order sungai menunjukkan tingkat kerapatan jaringan sungai suatu DAS. Order sungai dapat ditetapkan salah satunya menurut metode Strahler (1964). Menurut metode ini, penentuan order sungai mengikuti kaidah sebagai berikut:

- order pertama adalah awal aliran yang tidak memiliki cabang sungai,
- apabila dua aliran dari order ω bergabung akan terbentuk order $\omega + 1$,
- apabila dua aliran dari order yang berbeda bergabung akan membentuk aliran sama dengan order yang lebih besar (Gambar 11).

Kalibrasi Model

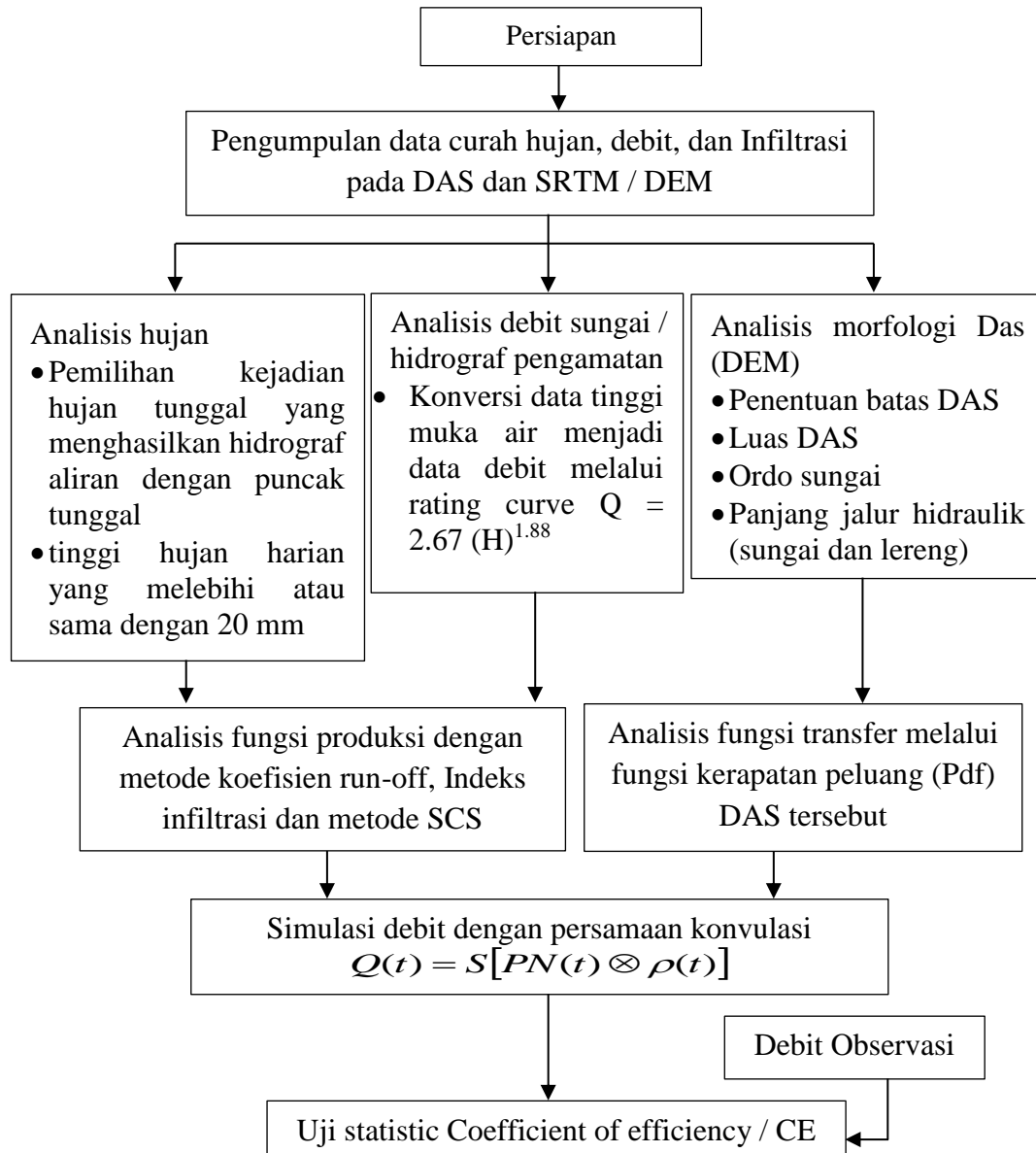
Proses kalibrasi dilakukan untuk mencari parameter model yang sesuai agar hasil simulasi mendekati dengan hasil yang sebenarnya di lapangan. Kalibrasi dilakukan secara manual yakni pemilihan nilai parameter dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) sampai menemukan nilai parameter yang cocok, sehingga diperoleh nilai CE yang bagus.

Debit hasil simulasi model akan dibandingkan dengan debit hasil pengukuran menggunakan Uji statistik *Coefficient of Efficiency* /CE dari Nash dan Stueliffe (1970) yaitu:

$$Ce = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} - Q_{si})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} - \overline{Q_{pi}})^2}$$

Dimana $\overline{Q_{pi}}$ adalah debit rata-rata pengukuran, Q_{si} adalah debit simulasi model dan Q_{pi} adalah debit pengukuran. Besarannya nilai CE berkisar antara $-\infty$ hingga 1. Jika nilai CE= 1 maka hasil simulasinya sempurna.

Diagram alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 12.



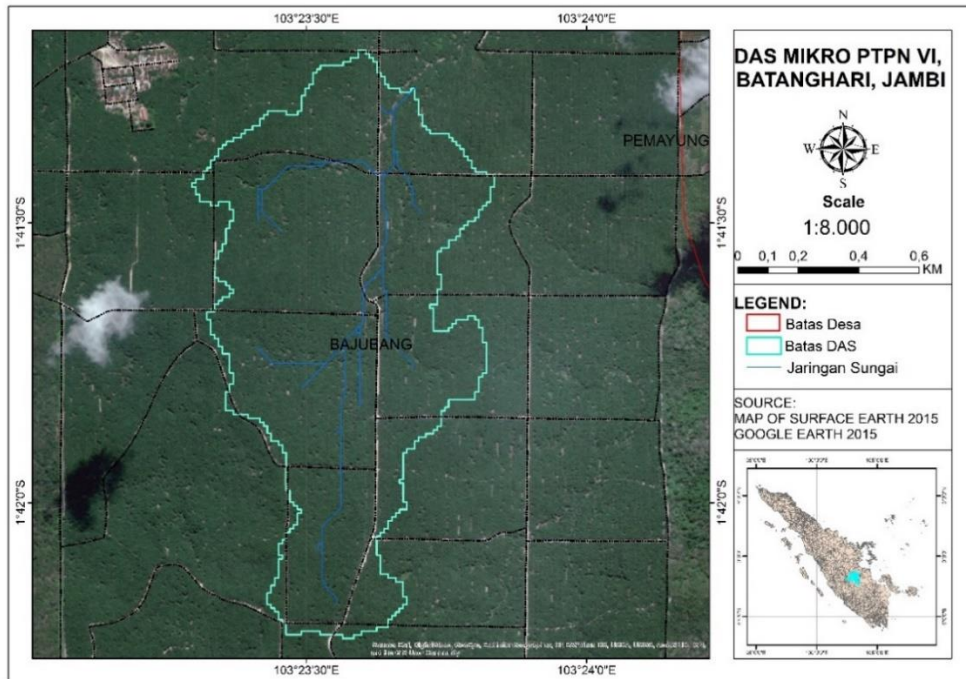
Gambar 12 Diagram alur penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Biofisik DAS Mikro PTPN VI

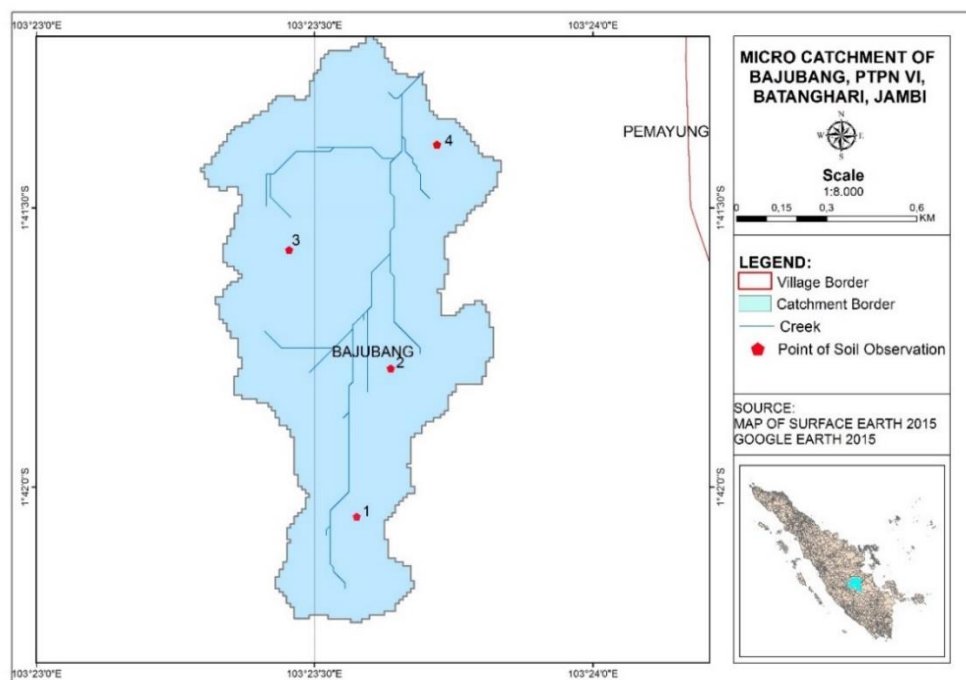
DAS Mikro PTPN VI terletak di Kecamatan Bajubang, Provinsi Jambi. DAS Mikro PTPN VI ini hanya terdapat satu penggunaan lahan saja, yaitu Perkebunan Kelapa Sawit (Gambar 13). Perkebunan kelapa sawit di PTPN VI ini dibagi berdasarkan gawangnya di bagi menjadi dua bagian, yaitu gawangan mati, yang diasumsikan sepertiga dari luas DAS yaitu sebesar 33.33% (37 ha) dan

gawangan hidup, yang diasumsikan duapertiga dari luas DAS yaitu sebesar 66.67% (74 ha).



Gambar 13 Peta penggunaan lahan DAS PTPN VI

Tanah di DAS Mikro ini bertekstur kasar. Tanah dengan jenis tekstur seperti ini umumnya lebih mudah untuk menginfiltasikan air karena mengandung pori tanah yang besar. Distribusi tekstur di lokasi penelitian dari 4 pengamatan profil tanah (Gambar 14) semuanya bertekstur lom klai berpasir (Tabel 2). Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa tekstur pada lokasi penelitian adalah lom klai berpasir.



Gambar 14 Peta titik pengambilan tekstur tanah pada DAS Mikro PTPN VI

Tabel 2 Kelas tekstur tanah pada setiap profil pengamatan di DAS Mikro PTPN VI

No	Sampel Tanah	Kedalaman	Tekstur (%)			Kelas Tekstur
			Pasir	Debu	Liat	
1	Profil I Komposit	10 - 30 cm	58.20	15.55	26.55	Lom Klai Berpasir
		30 - 60 cm	54.26	19.59	26.15	Lom Klai Berpasir
2	Profil II Komposit	10 - 30 cm	56.18	17.60	26.22	Lom Klai Berpasir
		30 - 60 cm	48.43	17.43	34.14	Lom Klai Berpasir
3	Profil III Komposit	10 - 30 cm	47.66	23.90	28.44	Lom Klai Berpasir
		30 - 60 cm	56.12	13.50	30.38	Lom Klai Berpasir
4	Profil IV Komposit	10 - 30 cm	62.77	14.35	22.88	Lom Klai Berpasir
		30 - 60 cm	66.80	9.28	23.92	Lom Klai Berpasir

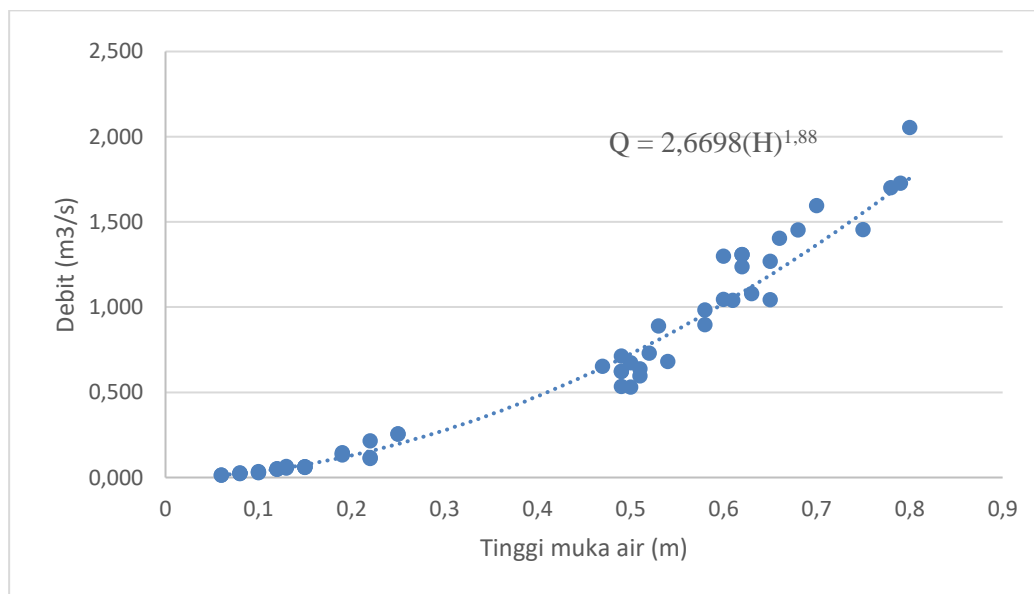
Analisis Debit dan Lengkung Kalibrasi Aliran Pengamatan (Observasi)

Debit aliran sungai dihitung berdasarkan kurva lengkung debit (*rating curve*) yang menghubungkan tinggi muka air dengan debit aliran. Data tinggi muka air diperoleh dari alat pencatat otomatis tinggi muka air (AWRL) yang terpasang di titik outlet DAS Mikro PTPN VI. Adapun model persamaan regresi untuk debit (Q) terhadap tinggi muka air (H) yang menyatakan persamaan lengkung kalibrasi aliran adalah sebagai berikut :

$$Q = 2.67 (H)^{1.88}$$

Q = debit aliran (m^3/s) dan H = tinggi muka air (m)

Hasil analisis data tinggi muka air dengan persamaan regresi lengkung kalibrasi di atas untuk menghasilkan debit aliran, dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Rating curve sungai PTPN VI

Simulasi Debit dengan Model MAPDAS

Parameter hidrologi pada Model MAPDAS

Alur Hidrolik adalah jalur aliran air yang mengarahkan perjalanan butir air dari titik jatuhnya menuju *outlet*. Alur hidrolik pada lereng (l_0) adalah panjang jalur aliran air dari titik pusat grid, tegak lurus garis kontur hingga menuju jaringan hidrografik (sungai). Sedangkan alur hidrolik pada jaringan hidrografik (L) adalah panjang jalur aliran air dari titik pertemuan garis l_0 dengan sungai hingga menuju *outlet*. Kecepatan aliran pada jaringan hidrografik (V_{rh}) dan pada lereng (V_v) ditetapkan hasil analisis peta dan studi literatur serta berdasarkan beberapa analisis peta. Data hasil parameter-parameter hidrologi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3 Nilai parameter Model MAPDAS dari analisis peta

Parameter Hidrologi Model	Simbol	Satuan	Nilai
Panjang alur hidrograf rata-rata pada jaringan sungai	L	m	927.2
Panjang alur hidrograf maksimum pada jaringan sungai	L_{maks}	m	1867.1
Panjang alur hidrograf rata-rata pada lereng	l_0	m	116
Panjang alur hidrograf maksimum pada lereng	$l_{0\ maks}$	m	335.4
Orde sungai maksimum	n		3
Luas DAS	S	ha	111

Tabel 4 Nilai parameter Model MAPDAS dari studi literatur

Parameter Hidrologi Model	Simbol	Satuan	Nilai
Kecepatan aliran pada jaringan sungai	V_{rh}	m/s	0.4
Kecepatan aliran pada lereng	V_v	m/s	0.02

Simulasi debit dengan input curah hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (K_r) pada Model MAPDAS

Berdasarkan hasil *running* model MAPDAS dengan metode K_r untuk melihat hubungan dari pemisahan aliran permukaan dan aliran dasar untuk mengetahui besar nilai K_r pada suatu kejadian hujan. Nilai K_r dengan metode ini disajikan dalam Tabel 5. Selain itu, model MAPDAS digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai K_r akibat perbedaan kelembaban tanah yang disebabkan karena adanya hujan sebelum hari kejadian hujan yang dipilih.

Tabel 5 Hasil *running* MAPDAS dengan Metode K_r

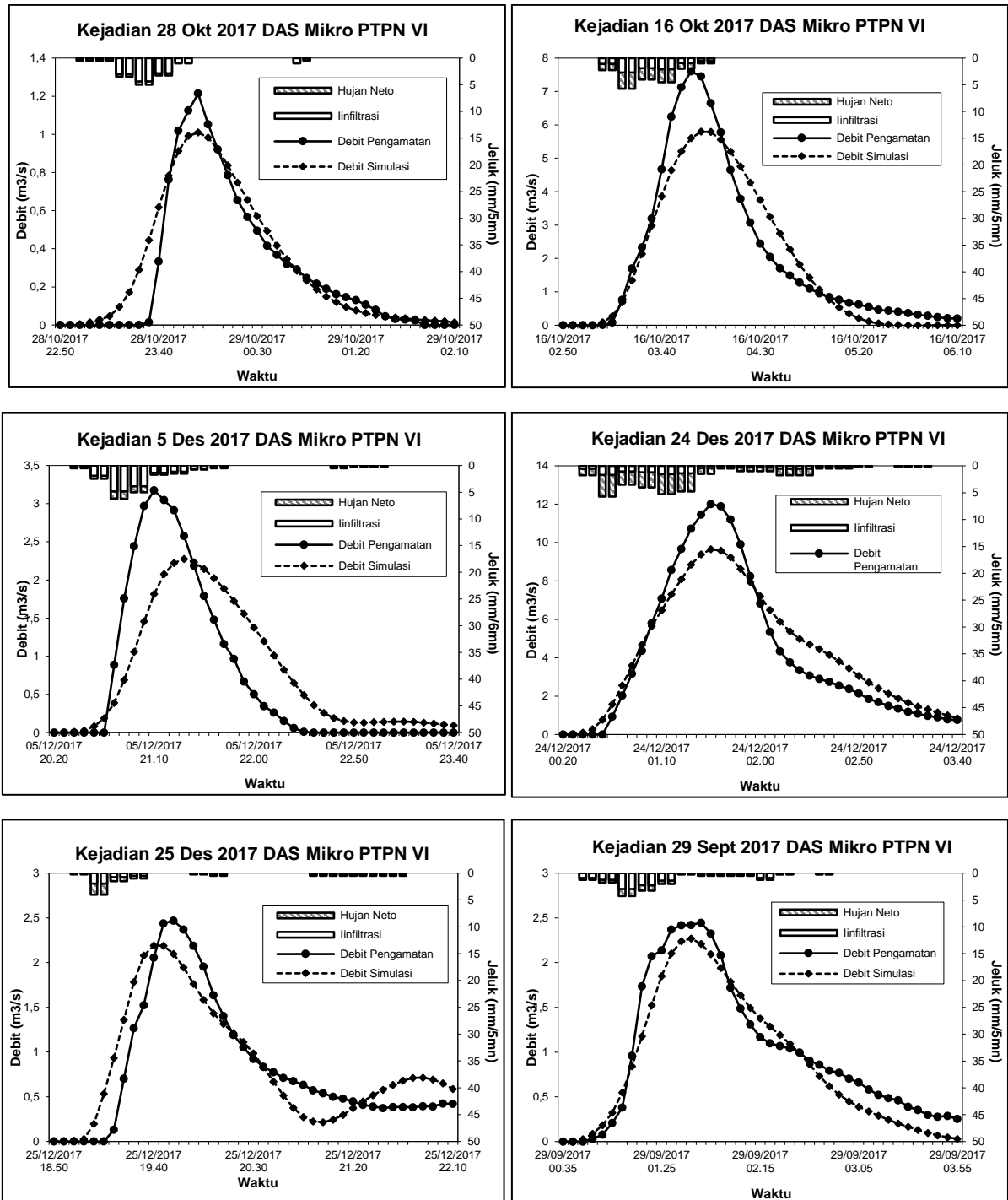
Tanggal	Hujan sebelum kejadian	CH pada saat kejadian	K_r	CE
29/09/2017	H-2 (0.5 mm)	32 mm	30%	0.93
16/10/2017	H-3 (31.5 mm)	39 mm	53%	0.9
28/10/2017	H-1 (7 mm)	29 mm	12%	0.91
05/12/2017	H-5 (0 mm)	39.5 mm	22%	0.7
24/12/2017	H-2 (11.5 mm)	68.5 mm	70%	0.93
25/12/2017	H-1 (79 mm)	20 mm	51%	0.81

Ket: CH = curah hujan, CE = koefisien of efisiensi, K_r = koefisien aliran permukaan

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa nilai Kr pada hasil simulasi berkisar antara (12% - 70%) yang artinya sebagian (12% - 70%) hujan yang turun di kawasan DAS menjadi aliran permukaan sehingga air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah juga hanya sebagian. Seperti pada tanggal 24 Desember 2017 nilai Kr yang dihasilkan sebesar 70%. Hal ini dapat disebabkan oleh total curah hujan pada saat kejadian sangat tinggi yaitu sebesar 68 mm. Metode ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan. Sedangkan faktor laju infiltrasi dan penggunaan lahannya dianggap konstan. Menurut Arsyad (2010) faktor yang mempengaruhi koefisien limpasan adalah laju infiltrasi tanah, penutupan lahan, dan karakteristik curah hujan. Penentuan Kr dengan pemisahan hidrograf faktor laju infiltrasi dan penutupan lahan dianggap konstan sehingga faktor karakteristik hujan menjadi penentu. Kejadian ini sama dengan tanggal 16 Oktober 2017 yang menghasilkan nilai Kr 53% yang disebabkan karena curah hujan pada saat kejadian yang tinggi yaitu sebesar 39 mm.

Adapun kejadian hujan tanggal 25 Desember 2017 curah hujan pada saat kejadian kecil (sebesar 20 mm) tetapi Nilai Kr besar (sebesar 51%). Hal ini disebabkan pada satu hari sebelum tanggal kejadian (25 Desember 2017) terjadi hujan yang besar (sebesar 79 mm) sehingga kondisi tanah masih basah (kelembaban tanahnya masih tinggi). Jika terjadi hujan maka air hujan yang turun akan sedikit yang terinfiltrasi dan lebih banyak yang menjadi aliran permukaan. Pada tanggal 5 Desember 2017 curah hujan tinggi pada saat kejadian sebesar 39.5 mm tetapi nilai Kr rendah sebesar 22%. Penyebab Nilai Kr rendah karena pada 5 hari sebelum kejadian tidak terjadinya hujan sehingga air hujan yang jatuh pada saat itu sebagian besar akan terinfiltrasi dan terintersepsi pada tanaman sawit. Tutupan lahan sawit dewasa sangat rapat sehingga tajuk-tajuk tanaman akan menahan sebagian air hujan yang jatuh. Berdasarkan beberapa penelitian tentang intersepsi pada tanaman sawit dewasa menyatakan tanaman sawit memiliki nilai intersepsi sebesar 28% (Mustika 2017), atau sebesar 27.13% (Merten *et al.* 2016) dari total curah hujan yang jatuh pada suatu wilayah dan juga didukung oleh penelitian dari Tarigan *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa dari 30 kejadian hujan, nilai intersepsi yang terjadi pada sawit dewasa berkisar antara 20% - 34%.

Pada Tabel 5 terdapat nilai koefisien efisiensi (CE) yang berguna untuk mengevaluasi hasil simulasi dengan melihat uji perbandingan antara debit hasil simulasi dengan debit observasi. Nilai CE yang didapat berkisar antara 0.7 - 0.93 dan menurut kriteria Garcia *et al.* (2008) jika nilai $CE > 0.7$ tergolong akurasi dari modelnya tergolong baik sampai dengan sangat baik. Berdasarkan bentuk grafik hidrograf aliran permukaan dan nilai CE yang didapat pada kejadian hujan tanggal 29 November 2017 dan 24 Desember 2017 grafik hidrograf aliran permukaan dan simulasi berhimpitan dan hasil Nilai CE mendekati angka 1 yaitu 0.93 (Gambar 16).



Gambar 16 Perbandingan debit pengukuran dengan debit simulasi dengan Metode Kr

Hubungan nilai Kr dari simulasi debit dengan input curah hujan neto berdasarkan metode Kr pada Model MAPDAS dengan nilai API

Besaran aliran permukaan sangat dipengaruhi dari kelembaban atau kadar air tanah pada saat terjadinya hujan yang akan menghasilkan aliran permukaan. Sehingga dapat dikatakan jika kelembaban tanah tinggi, maka peluang terbentuknya aliran permukaan pada saat terjadinya hujan juga akan tinggi. Besaran

kelembaban tanah dapat diperkirakan dengan melihat nilai API. Sejalan dengan penelitian Heggen (2001) yang menyatakan bahwa API dapat memberikan ukuran indeks kelembaban tanah dan penelitian dari Descroix *et al.* (2002) yang menyatakan API telah digunakan sebagai parameter yang paling berpengaruh untuk memperkirakan status air di dalam tanah.

Nilai API yang digunakan untuk menghubungkan dengan nilai Kr adalah nilai API5 (*antecedent precipitations indeks* hari ke-5 sebelum kejadian hujan). API5 dipilih karena API5 memiliki nilai corelasi yang lebih besar yaitu dengan nilai $R^2 = 0.1$ diantara nilai API1 - API10. Pada Tabel 6 dapat dilihat besar nilai Kr dan nilai API5 pada setiap kejadian.

Tabel 6 Nilai Kr dan nilai API5 pada setiap kejadian

Tanggal	Total CH 5 hari sebelum	CH pada saat kejadian	API5	Kr	CE
29/09/2017	0.5 mm	32 mm	0.18	30%	0.93
13/10/2017	31.5 mm	24.5 mm	4.31	42%	0.84
16/10/2017	42 mm	39 mm	9.37	53%	0.9
28/10/2017	7 mm	29 mm	4.25	12%	0.91
05/12/2017	0 mm	39.5 mm	0.00	22%	0.7
24/12/2017	14 mm	68.5 mm	4.61	70%	0.93
25/12/2017	93 mm	20 mm	51.00	51%	0.81

Ket: CH = curah hujan. API5 = *antecedent precipitations indeks* hari ke-5, Kr = koefisien aliran permukaan

Pada Tabel 6 hubungan antara Nilai Kr dengan nilai API5, berdasarkan hubungan ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai API maka akan semakin besar pula nilai Kr. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai API maka kondisi tanah akan semakin jenuh sehingga pada saat terjadinya hujan kondisi tanah sudah jenuh maka air hujan akan langsung mengalir menjadi aliran permukaan.

Terlihat pada tabel 6 Nilai Kr pada kejadian hujan tanggal 28 Oktober 2017 sebesar 12% (0.12) tidak berbanding lurus dengan nilai API5. Hal ini terjadi karena pada penentuan nilai API5 hanya berdasarkan besaran curah hujan saja untuk memperkiraan nilai APInya sehingga mengabaikan faktor dari pengaruh-pengaruh tutupan lahan yang dapat menahan air hujan jatuh ke tanah. Pada tanggal 24 Desember 2017 nilai API5 sebesar 4.61 dengan nilai Kr yang dihasilkan sebesar 70% (0.7) lebih besar dari nilai Kr pada tanggal 25 Desember 2017. Hal ini disebabkan oleh total curah hujan pada saat kejadian sangat tinggi yaitu sebesar 68.5 mm sehingga menghasilkan Nilai Kr yang tinggi. Penentuan Kr dengan pemisahan hidrograf faktor laju infiltrasi dan penutupan lahan dianggap konstan sehingga faktor karakteristik hujan menjadi penentu (Arsyad 2010).

Berdasarkan Hasil *running* model MAPDAS dapat dibuat persamaan untuk mendapatkan nilai aliran permukaan (*runoff* /Ro) secara langsung dengan menggunakan variabel curah hujan dan nilai API5 dengan persamaan linear berganda sebagai berikut ini:

$$Ro = a.CH + b.API + c.CH.API + d$$

Dimana:

Ro : hasil aliran permukaan (*runoff*) model MAPDAS dengan metode Kr

CH : curah hujan

API : *antecedent precipitations index*

a.b.c.d : konstanta

Berdasarkan hasil uji regresi berganda didapat nilai R^2 sebesar 0.97 yang menyatakan bahwa pada model ini bagus karena variabel-variabel bebasnya (CH dan API) dapat menjelaskan terhadap variabel terikat (Ro) dan persamaannya menjadi sebagai berikut:

$$R_o = 0.89*CH - (0.48)*API + 0.04*CH.API - 23.31$$

Simulasi debit dengan input curah hujan neto berdasarkan metode indeks infiltrasi (Φ) pada Model MAPDAS

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan metode infiltrasi indeks dapat dilihat hubungan antara debit simulasi dan debit pengukuran yang dipengaruhi oleh nilai Φ . Metode indeks infiltrasi ini mengasumsikan nilai infiltrasi yang tidak bervariasi terhadap waktu (konstan), sehingga aliran permukaan yang dihasilkan dari curah hujan akan dipengaruhi oleh pengisian cadangan air tanah terlebih dahulu.

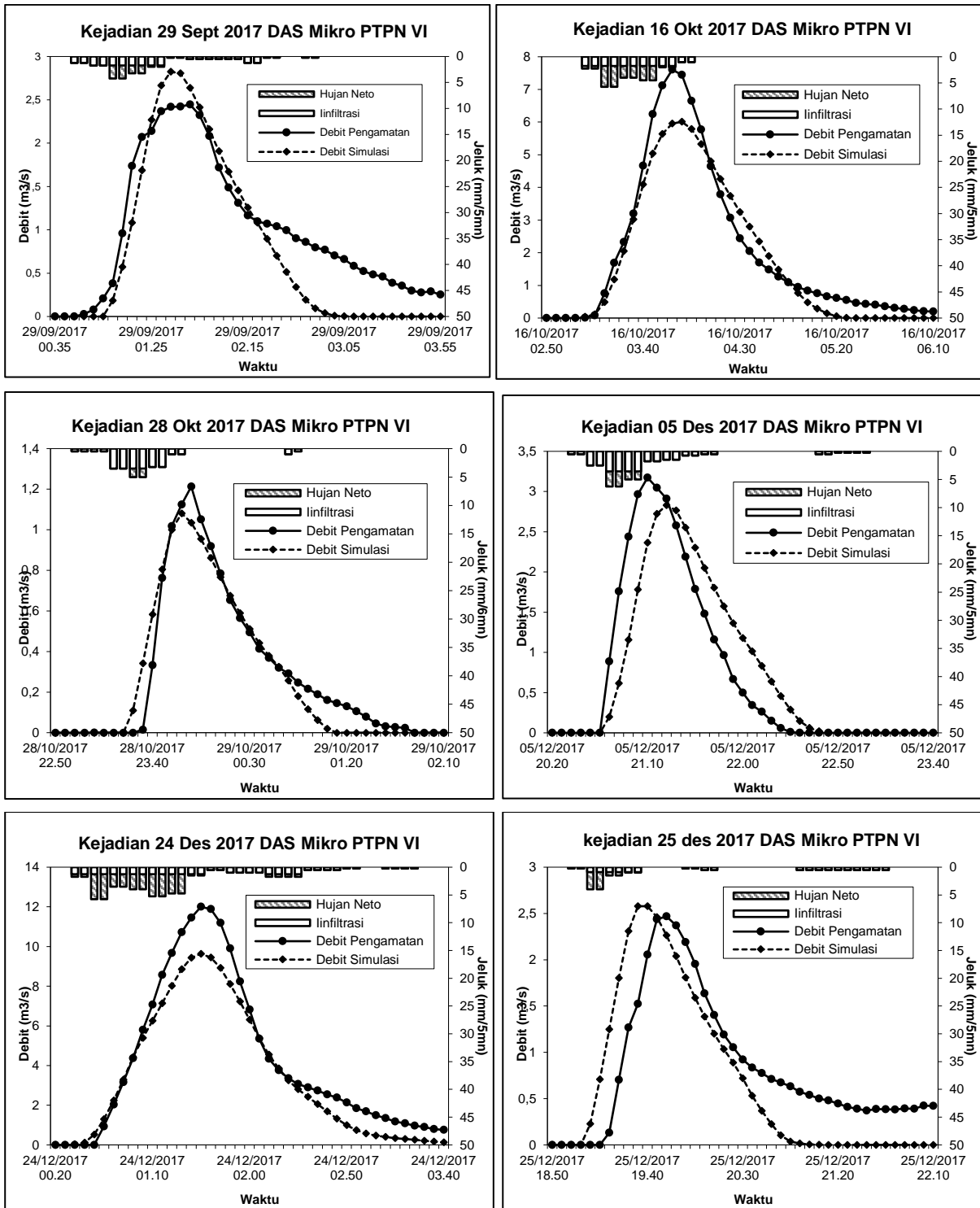
Hasil running Model dengan metode indeks infiltrasi (Tabel 7) didapat bahwa untuk nilai Φ pada 6 kejadian hujan ini berkisar antara 0.25–0.71 mm/menit. Nilai ini menunjukkan bahwa selama kejadian hujan, air hujan yang turun akan memenuhi cadangan air tanah terlebih dahulu dengan kisaran 0.25–0.71 mm/menit dan setelah itu baru menjadi aliran permukaan. Nilai CE yang didapat dari hasil running model antara 0.47-0.94. Gambar 17 menunjukkan perbandingan hidrograf debit simulasi dan debit observasi.

Tabel 7 Hasil *running* MAPDAS dengan metode indeks infiltrasi (Φ)

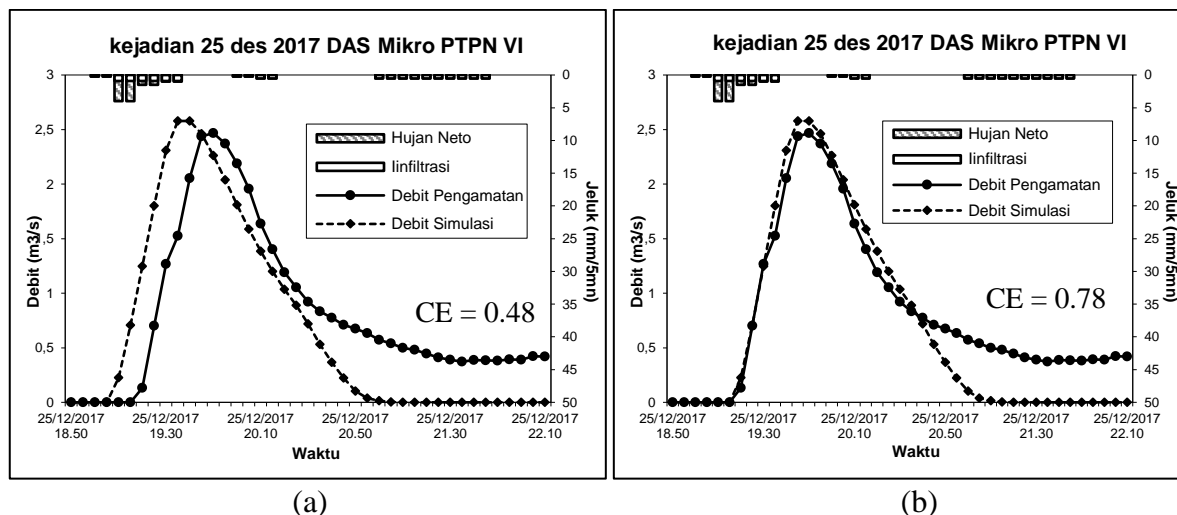
Tanggal	Hujan sebelum kejadian	Total CH 5 hari sebelum	CH pada saat kejadian	Φ (mm/mnt)	CE
29/09/2017	H-2 (0.5 mm)	0.5 mm	32 mm	0.35	0.8
16/10/2017	H-3 (31.5 mm)	42 mm	39 mm	0.35	0.94
28/10/2017	H-1 (7 mm)	7 mm	29 mm	0.7	0.92
05/12/2017	H-5 (0 mm)	0 mm	39.5 mm	0.71	0.71
24/12/2017	H-2 (11.5 mm)	14 mm	68.5 mm	0.25	0.93
25/12/2017	H-1 (79 mm)	93 mm	20 mm	0.35	0.47

Ket: CH = curah hujan, API5 = *antecedent precipitations indeks* hari ke-5, Φ = indeks infiltrasi

Berdasarkan hasil model dengan metode ini pada tanggal 25 Desember 2017 terjadi perbedaan respon hidrologi terhadap aliran permukaan yang terbentuk dan mempengaruhi kenaikan debit yang lebih cepat. Terjadinya perbedaan respon hidrologi pada kejadian ini sebesar 10 menit sehingga bila dilihat pada grafik di Gambar 18 (a) dan (b) terlihat perbedaan perbandingan debit simulasi dan debit pengukuran. Hal ini terjadi karena pada terjadinya hujan, Air hujan akan tertahan dulu pada tajuk tanaman dan air yang lolos tidak tertahan tajuk akan langsung ke tanah dan akan mengisi cadangan air tanah yang nilainya konstan dari awal waktu terjadinya hujan. Setelah diperbaiki perbedaan respon hidrologinya, semula nilai CE sebesar 0.48 berubah menjadi 0.78.



Gambar 17 Perbandingan debit pengukuran dengan debit simulasi dengan metode indeks infiltrasi



Gambar 18 (a) Perbandingan debit sebelum diperbaiki time respon, dan (b) Perbandingan debit setelah diperbaiki

Model MAPDAS dengan input curah hujan berdasarkan metode SCS-CN

Berdasarkan hasil simulasi dengan model menggunakan metode SCS-CN akan menunjukkan hubungan antara terjadinya *runoff* dengan pengaruh nilai CN atau bilangan kurva (BK) yang diberikan terhadap suatu penggunaan lahan yang terdapat di dalam DAS Mikro ini. Pemberian nilai CN dapat ditentukan di tempat dengan menggunakan salah satu dari tiga cara ini, yaitu (1) sifat fisik tanah, (2) peta tanah detail, dan (3) laju infiltrasi minimum tanah (Arsyad 2010). SCS telah membuat sistem klasifikasi tanah menjadi empat kelompok hidrologi tanah berdasarkan pada tabel *Hydrologic Soil Group* (HSG) dari USDA (NRCS 2009). SCS juga membedakan tiga kondisi kandungan air sebelumnya atau dikenal dengan *Antecedant Moisture Condition* (AMC), yaitu kondisi I, II, dan III (Schwab *et al.* 1981). Kondisi ini dipengaruhi oleh data curah hujan 5 hari sebelumnya. Berdasarkan nilai AMC kemudian ditentukan nilai CN pada masing-masing tutupan lahan dan tekstur tanahnya berdasarkan tabel CN pada Lampiran I.

Berdasarkan Tabel AMC kondisi AMC berada pada kondisi II. sehingga jika kondisi AMC daerah penelitian berada pada kondisi I atau II dapat dikonversi dari kondisi II dengan menggunakan rumus seperti berikut (Neitsch *et al.* 2011)

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20 \times (100 - CN_2)}{(100 - CN_2 + \text{Exp}[2.533 - 0.00636(100 - CN_2)])}$$

$$CN_3 = CN_2 \times \text{exp}[0.00673(100 - CN_2)]$$

Dimana:

CN_1 = Curve Number Kondisi AMC I

CN_2 = Curve Number Kondisi AMC II

CN_3 = Curve Number Kondisi AMC III

Nilai CN pada penggunaan lahan sawit untuk kondisi AMC II (CN_2) berdasarkan kriteria CN Schwab *et al.* (1981) adalah masuk pada kategori penggunaan lahan pertanian, jenis penutupan tanaman berjajar, cara pengelolaan kontur, dan kondisi hidrologi buruk. Dari hasil perhitungan dan penetapan Nilai CN dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Kelompok Hidrologi Tanah dan Curve Number pada Penggunaan Lahan Sawit di DAS Mikro PTPN VI.

Kondisi AMC	Kelompok Hidrologi Tanah (KHT)			
	A	B	C	D
I	51.17	61.72	68.43	74.57
II	70.00	79.00	84.00	88.00
III	85.63	90.97	93.53	95.39

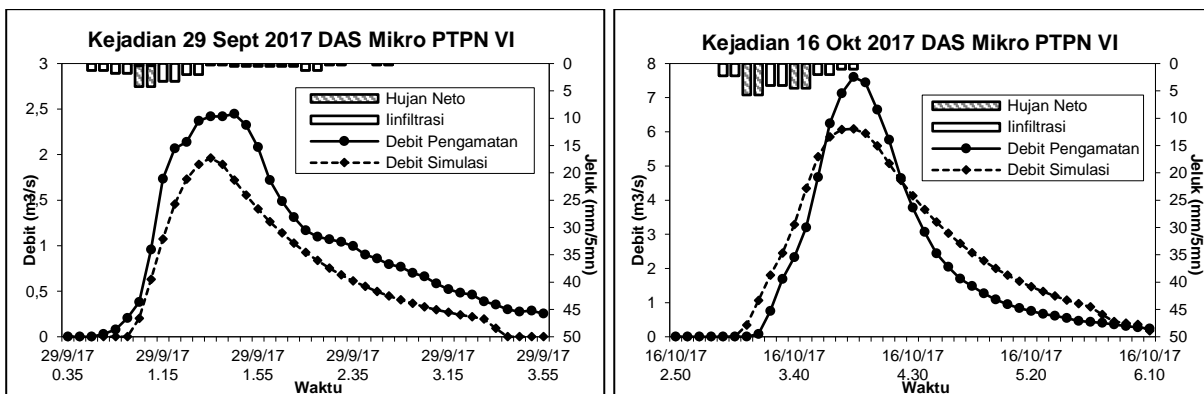
Penelitian ini menggunakan ketiga kondisi AMC. Namun kategori KHT pada lokasi penelitian ini hanya masuk kedalam kondisi KHT A dan B. Hal ini disebabkan karena tekstur pada DAS mikro ini adalah lom klei berpasir dengan laju infiltrasinya minimum rata-rata lebih tinggi pada gawangan mati (GM) dibandingkan dengan gawangan hidup. Pada gawangan mati masuk kategori KHT A dengan rata-rata infiltrasi minimumnya sebesar 0.98 cm/menit sedangkan pada gawangan hidup (GH) masuk kategori KHT B dengan rata-rata infiltrasi minimumnya sebesar 0.075 cm/menit. Tabel 9 menampilkan hasil Model MAPDAS setelah *running* dengan menggunakan metode SCS-CN ini.

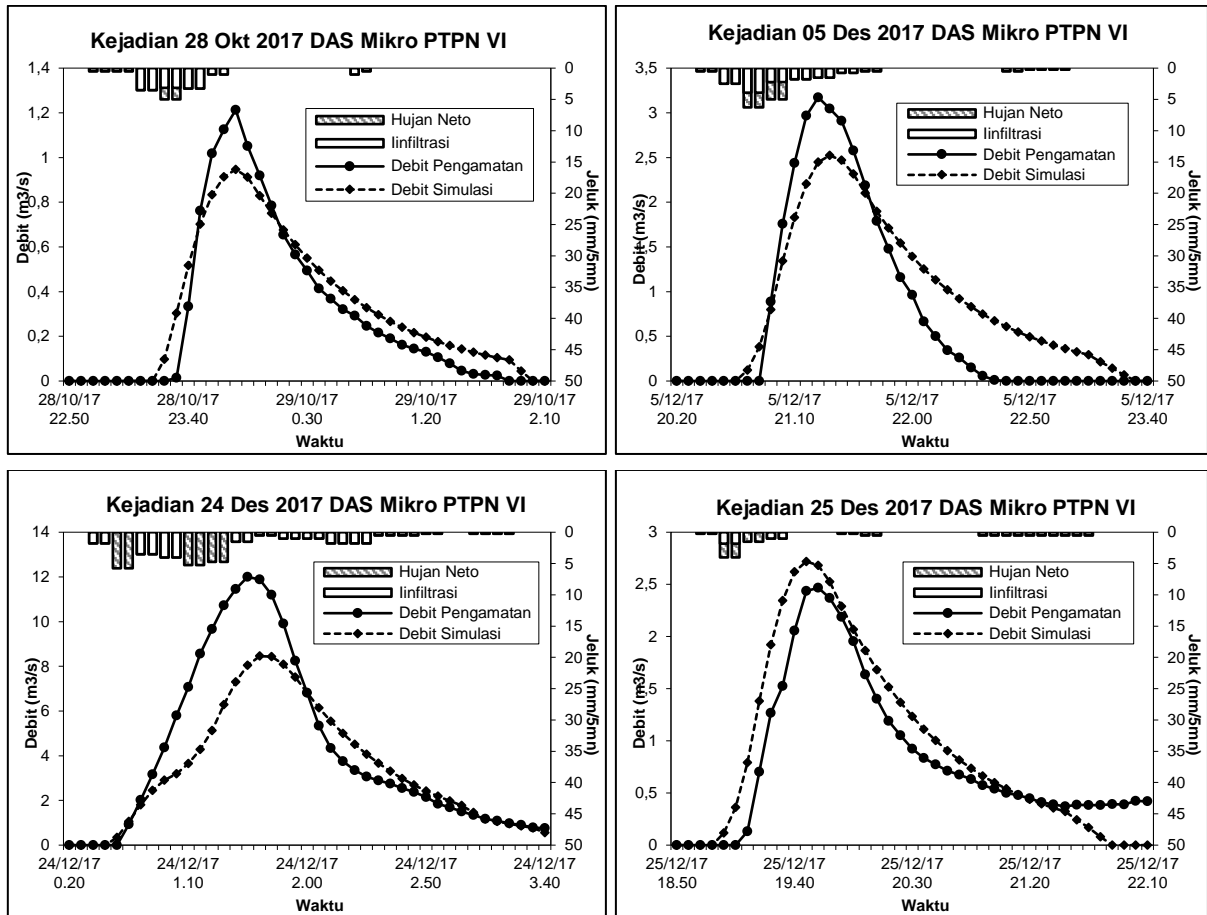
Tabel 9 Hasil *running* model MAPDAS dengan metode SCS_CN

Tanggal	Total CH 5 hari sebelum	Kondisi AMC	KHT GM	KHT GH	Nilai CN GM	Nilai CN GH	CE
29/09/2017	0.5 mm	AMC I	A	B	51.17	61.72	0.81
16/10/2017	42 mm	AMC III	A	B	85.63	90.97	0.91
28/10/2017	7 mm	AMC I	A	B	51.17	61.72	0.90
05/12/2017	0 mm	AMC I	A	B	51.17	61.72	0.82
24/12/2017	14 mm	AMC II	A	B	70.00	79.00	0.79
25/12/2017	93 mm	AMC III	A	B	85.63	90.97	0.74

Ket: GM = gawangan mati. GH = gawangan Hidup

Berdasarkan Tabel 7 ini dapat dilihat bahwa nilai CN pada gawangan mati itu berkisar antara 51.17–85.63, sedangkan untuk gawangan hidup berkisar antara 61.72–90.97. Hal ini menunjukkan bahwa gawangan hidup lebih besar menghasilkan aliran permukaan daripada gawangan mati pada saat terjadinya hujan. Nilai uji CE yang didapat dari hasil *running* model antara 0.74 - 0.94. Nilai uji CE semua kejadian bernilai di atas 0.7. Hal ini menunjukkan bahwa model ini memiliki akurasi yang baik sampai sangat baik (Garcia *et al.* 2008). Gambar 19 menunjukkan perbandingan hidrograf debit simulasi dan debit observasi.





Gambar 19 Perbandingan debit pengukuran dengan debit simulasi dengan Metode SCS-CN

Perbandingan Kualitas Simulasi Hidrograf Aliran Permukaan pada Model MAPDAS Berdasarkan 3 Skenario Penentuan Curah Hujan Neto

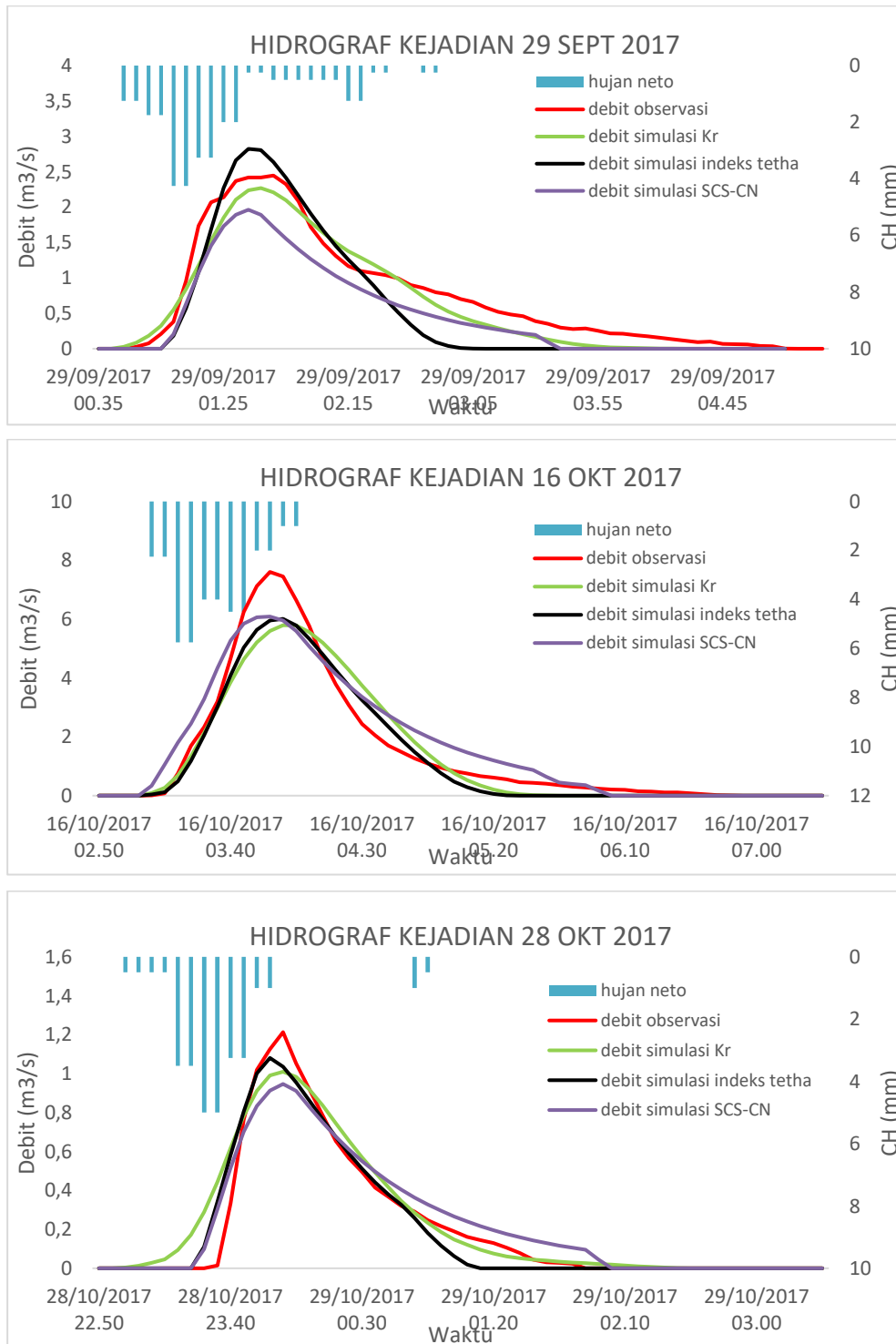
Melihat keakuratan hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS antara metodenya pada setiap kejadian hujan dengan melihat hasil uji statistik CE pada setiap skenario penentuan curah hujan neto. Hasil perbandingan uji CE ini dapat dilihat pada Tabel 10.

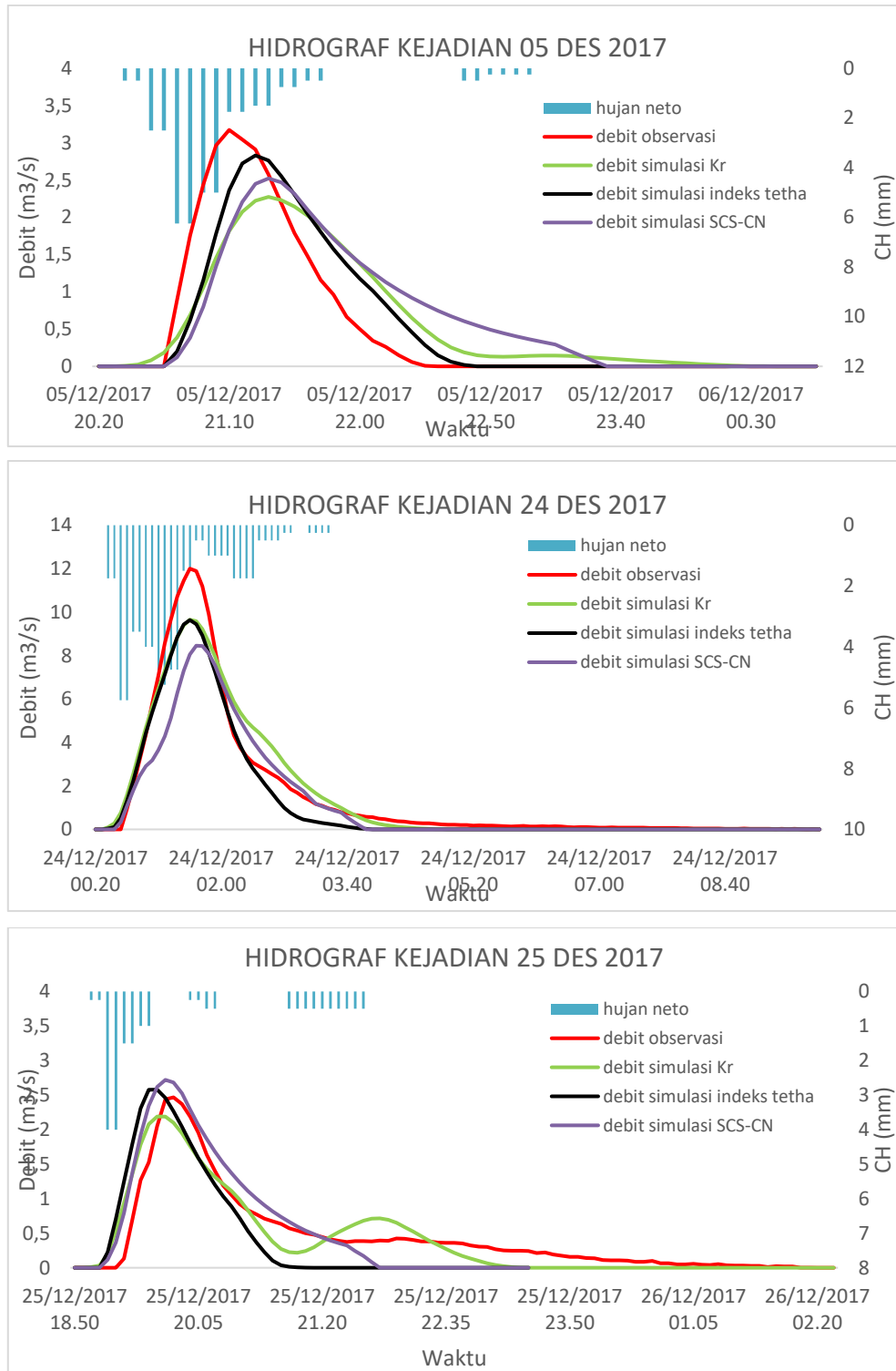
Tabel 10 Uji statistik CE hidrograf aliran permukaan pada Model MAPDAS berdasarkan 3 skenario penentuan curah hujan neto

Tanggal Kejadian	Nilai CE Berdasarkan Penentuan Curah Hujan Neto		
	Kr	Φ	SCS-CN
29/09/2017	0.93	0.8	0.81
16/10/2017	0.9	0.94	0.91
28/10/2017	0.91	0.92	0.9
05/12/2017	0.7	0.71	0.82
24/12/2017	0.93	0.93	0.79
25/12/2017	0.81	0.47	0.74

Berdasarkan hasil uji CE yang dilakukan pada kejadian hujan yang sama, pada simulasi dari ketiga skenario. Penentuan hujan neto yang terbaik adalah skenario penentuan curah hujan neto berdasarkan metode Kr. Hal ini menyatakan bahwa penentuan curah hujan neto berdasarkan metode Kr dapat menggambarkan hidrograf aliran seperti keadaan yang sebenarnya.

Grafik perbandingan hidrograf aliran permukaan pengukuran dan simulasi dari berbagai metode dari enam kejadian hujan pada Model MAPDAS diperlihatkan pada Gambar 20.





Gambar 20 Perbandingan Uji CE antar metode pada setiap kejadian hujan

5 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Model MAPDAS dengan input yang sederhana mampu mensimulasikan karakteristik hidrologi dengan baik, ditunjukkan oleh nilai uji CE lebih besar dari 0.7. Skenario penentuan curah hujan neto berdasarkan metode Kr adalah skenario yang terbaik daripada dua skenario yang lainnya.
2. Hasil kajian karakteristik hidrologi DAS mikro menggunakan Model MAPDAS menunjukkan bahwa 12-70% hujan yang turun di kawasan DAS akan menjadi aliran permukaan sehingga proporsi air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah sebesar 30-88%. Variasi nilai koefisien aliran permukaan (Kr) dipengaruhi juga total curah hujan pada saat kejadian dan curah hujan sebelumnya.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan Model MAPDAS ini dengan menggunakan metode persamaan infiltrasi dalam penentuan hujan netonya. Sehingga dapat dibandingkan dari semua faktor-faktor yang mempengaruhi aliran permukaan seperti nilai koefisien aliran permukaan, infiltrasi, dan penggunaan lahannya karena dalam penelitian ini hanya menggunakan nilai koefisien aliran permukaan dan Indeks infiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2016. Proses Terjadinya Siklus Hidrologi. <http://xylemfloem.blogspot.co.id> [diunduh 21 Januari 2018].
- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor Press.
- Asdak C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada Press.
- Ajwad MH, Muzik I. 2000. A spatially varied unit hydrograph model. *Jurnal of Internasional Hydrology* (8).
- Beven KJ. 2004. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Hydrological Processes* 18: 3447-3460.
- Carrasco LR, Larossa C, Milner-Gulland EJ, Edwards DP. 2014. A double-edged sword for tropical forests *Science* 346. 38 DOI: 10.1126 /science.1256685.
- Chow VT, Maidment DR, Mays LW. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. *International Edition*. 572 p.
- Descroix L, Nouvelot JF, Vauclin M. 2002. Evaluation of an antecedent precipitation index to model runoff yield in the westren Sierra Madre (North_west Mexico). *J. Hydrol.* 263: 114–130.

- Gracia A, Sainz A, Revilla JA, Alvarez C. 2008. Surface water resource assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain. *J Hydrol* 356:312-326.
- Heggen RJ. 2001. Normalized antecedent precipitation index. *J. Hydrol. Engng. ASCE* 6(5). 377-381.
- Indarto. 2015. Hidrologi: *Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Jain SK, Chowdhary H, Seth SM, Nema RK. 1997. Flood estimation using a GIUH based on a conceptual rainfall-runoff model and GIS. *ITC Journal* (1): 20-25.
- Kartiwa B. 2004. Modelisation du Fonctionnement Hydrologique des Bassins Versants. [Disertasi]. (FR): Université D'Angers.
- _____. 2005. *Permodelan Debit Aliran Permukaan Pada Skala DAS*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Tidak Dipublikasikan. Bogor (ID).
- Kholler MA, Linsley RK. 1951. Predicting the runoff from rainfall. *Weather Bureau. US Department Of Commerce. Research Paper No. 34*. Washington DC (US).
- Llomas J. 1993. Hydrologie Générale. Principes et Applications. *Gaétan Morin Editeur. Boucherville. Québec. Canada. 527 p*
- Merten J, Röhl A, Guillaume T, Meijide A, Tarigan S, Agusta H, Dislich C, Dittrich C, Faust H, Gunawan D, Hendrayanto, Knohl A, Kuzyakov Y, Wiegand K, Hölscher D. 2016. Water scarcity and oil palm expansion: social views and environmental processes. *J. of Ecology and Society*.
- Mizwar Z. 2012. Aplikasi Model Hidrologi Dalam Penentuan Sistem Panen Hujan Dan Aliran Permukaan Daerah Tangkapan Air Singkarak. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mustika N. 2017. Komponen Siklus Hidrologi Pada Kebun Sawit Kabupaten Sorolangun Provinsi Jambi. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nash JE, Sutcliffe JV. 1970. River flow forecasting through conceptual models Part 1A: discussion of principles. *J. Hydrol.* 10: 282-290.
- Natakusumah DK, Hatmoko W, Harlan D. 2011. Prosedur umum perhitungan hidrograf satuan sintesis dengan cara ITB dan beberapa contoh penerapannya. *J. Teknik Sipil.* 18(3).
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Srinivasan R, Williams JR, Haney EB. 2011. *Soil and Water Assessment Tool: Input/Output File Documentation. Version 2009*. Temple, Texas (US): Texas Water Resources Institute-Texas A&M University.
- Nugroho SP. 2001. Analisis hidrograf satuan sintetik metode Snyder, Clark dan SCS dengan menggunakan model HEC-1 di DAS Ciliwung Hulu. *J. Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca.* 2(1):57-67.
- [NRCS] *Natural Resources Conservation Service*. 2009. *Hydrologic Soil Groups dalam Hydrology National Engineering Handbook Part 630*. Amerika Serikat (US): USDA.
- Patra KC. 2008. *Hydrology And Water Resources Engineering*. Oxford (UK): Alpha Science International Ltd.
- Pawitan H. 1998. Tinjauan Penelitian dan Permodelan Daerah Aliran Sungai. 22 Januari 1998. 21 hal. Solo (ID) : Balai Teknologi Pengelolaan DAS Solo.
- Presiden Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Pemerintah No.37 tentang Pengelolaan DAS*. Jakarta (ID): Presiden Republik Indonesia.

- Rahayu S. Widodo RH. Noordwijk MV. Suryadi I. Verbist B. 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor (ID): World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office. 104 p.
- Rodriguez-Iturbe I. et Valdés JB. 1979. The geomorphologic structure of hydrologic response. *Water Resour. Res.* 15(5) : 1409-1420
- Santhi C. Allen PM. Muttiah RS. Arnold JG. Tuppad P. 2008. Regional estimation of basflow for the conterminous united states by hydrologic landscape regions. *J. Hydrol.* 351: 139-153.
- Sayer J. Ghazoul J. Nelson P. Boedhihartono AK. 2012. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. *Global Food Security* 1: 114-119.
- Schwab GO. Frevert RK. Edmister TW. Barnes KK. 1981. *Soil and Water Conservation Engineering*. Thrid Edition. United States of America (US): the Ferguson Foundation Agriculutral Engineering Series.
- Seyhan E. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Singh PK. Bhunya PK. Mishra SK. Chaube UC. 2008. A sediment graph model based on SCS_CN. *J Hydrol.* 349 (1): 244-255.
- Strahler AN. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.*63:117-142.
- Strahler AN. 1964. *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*. Section 4-II. Handbook of Apllied Hydrology. McGraw-Hill. New York.
- Susiwidiyaliza. 2015. *Kajian Dampak Ekspansi Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Fungsi Hidrologi DAS Batang Tabir Menggunakan Model SWAT*. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tarigan S. Sunarti. and Widyaliza S. 2015. Expansion of oil palm plantations and forest cover changes in Bungo and Merangin Distric. Jambi Province. Indonesia. *Elsevier Procedia Environmental Sciences* 5(6):199-205.
- Tarigan S. 2016. Land cover change and its impact on flooding frequency of Batanghari Watershed. Jambi Province. Indonesia. *Elsevier Procedia Environmental Sciences* 33: 386-392.
- Tarigan S. Wiegand K. Sunarti. and Slamet B. 2018. Minimum forest cover required for sustainable water flow regulation of a watershed: a case study in Jambi Province. Indonesia. *Hydrology and Eaerth system Sciences* 22: 581-594.
- Xu CY. 2003. *Approximate infiltration models*. Section 5.3 In *Hydrologic Models*. Uppsala University Department of Earth, Air and Water Sciences. Uppsala (SE).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Bilangan Kurva Aliran Permukaan untuk Berbagai Kompleks Tanah- Penutup Tanah (Kondisi Air Tanah Sebelumnya: II dan Ia= 0.2 S)

Penggunaan Tanah/ Perlakuan/Kondisi Hidrologi	Kelompok Hidrologi Tanah			
	A	B	C	D
1. Permukiman				
Luas Kapling				
Persentase Rata-Rata Kedap Air 2)				
• 500 m2 dan lebih kecil	65	77	85	90
• 100 m2	38	61	75	83
• 1300 m2	30	57	72	81
• 2000 m2	25	54	70	80
• 4000 m2	20	51	68	79
2. Tempat parkir diaspal, atap, dan jalan aspal dan lain-lain 3)	98	98	98	98
3. Jalan Umum				
• Beraspal dan saluran pembuangan air	98	98	89	98
• Kerikil	76	85	87	91
• Tanah	72	82	94	89
4. Daerah perdagangan dan pertokoan (85% kedap)	89	92	94	95
5. Daerah Industri (72% kedap)	81	92	94	95
6. Terpadat terbuka, padang rumput yang dipelihara, taman, lapangan golf, kuburan, dan lain-lain :				
• Kondisi baik : 75% atau lebih tertutup rumput	39	61	74	80
• Kondisi sedang 50-70% tertutup	49	69	79	84
7. Bera-larikan menurut lereng	77	86	91	94
8. Tanaman semusim :				
Dalam baris :				
• Menurut lereng-buruk	72	81	88	91
• Menurut lereng-baik	67	78	85	89
• Menurut kontur-buruk	70	79	84	88
• Menurut kontur-baik	65	75	82	86
• Kontur & teras – buruk	66	74	80	82
• Kontur & teras – baik	62	71	78	81
9. Padi-padian :				
• Menurut lereng-buruk	65	76	84	88
• Menurut lereng-baik	63	75	83	87
• Menurut kontur-buruk	63	74	82	85
• Menurut kontur-baik	61	73	81	84
• Kontur&teras – buruk	61	72	79	82
• Kontur&teras – baik	59	70	78	81
10. Leguminosa 4) ditanam rapat				
• Menurut lereng-buruk	66	77	85	89
• Menurut lereng-baik	58	72	81	85
• Menurut kontur-buruk	64	75	83	85
• Menurut kontur-baik	55	69	78	83
• Kontur&teras – buruk	63	73	80	83
• Kontur&teras – baik	51	67	76	80
11. Padang rumput penggembalaan				
• Buruk	68	79	86	89
• Sedang	49	69	79	84
• Baik	39	61	74	80
• Menurut kontur-buruk	47	67	81	88
• Menurut kontur-sedang	25	59	75	83
• Menurut kontur-baik	6	35	70	79
12. Padang rumput dipotong-baik	30	58	71	78
13. Hutan:				
• Buruk	45	66	77	83
• Sedang	36	60	73	79
• Baik	25	55	70	77
14. Perumahan Petani	59	74	82	86

1) Bilangan kurva dihitung berdasarkan asumsi bahwa aliran permukaan dari rumah dan jalan masuk diarahkan ke jalan umum dengan sejumlah minimum air dari atap diarahkan ke halaman berumput yang menyatakan infiltrasi dapat terjadi.

2) Areal sisa yang tidak kedap air (pekarangan berumput) dianggap berada sebagai rumput yang baik

3) Dibagian yang lebih panas bilangan kurva 95 dapat digunakan

4) Dalam barisan rapat atau disebar

Sumber : Arsyad 20

Lampiran 2 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode SCS

Waktu	Pb (mm/5mi n)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
5/12/17					0.034629			5/12/17		
21.25	1.5	3.04605255	0.82	0.00	13	0.681744075	1.5	21.25	3.05	2.52245308
5/12/17					0.031226			5/12/17		
21.30	0.75	2.91183334	0.79	0.00	51	0.667374529	0.75	21.30	2.91	2.46928576
5/12/17					0.028158			5/12/17		
21.35	0.75	2.57647274	0.70	0.00	23	0.626143562	0.75	21.35	2.58	2.31673118
5/12/17					0.025391			5/12/17		
21.40	0.5	2.18727287	0.59	0.00	44	0.567526017	0.5	21.40	2.19	2.09984626
5/12/17					0.022896			5/12/17		
21.45	0.5	1.78876432	0.48	0.00	51	0.51261982	0.5	21.45	1.79	1.89669333
5/12/17					0.020646			5/12/17		
21.50	0	1.47857341	0.40	0.00	72	0.46225042	0	21.50	1.48	1.71032655
5/12/17								5/12/17		
21.55	0	1.15947238	0.31	0.00	0.018618	0.416830256	0	21.55	1.16	1.54227195
5/12/17					0.016788			5/12/17		
22.00	0	0.96439732	0.26	0.00	62	0.375873022	0	22.00	0.96	1.39073018
5/12/17					0.015138			5/12/17		
22.05	0	0.66658446	0.18	0.00	99	0.338940196	0	22.05	0.67	1.25407872
5/12/17					0.013651			5/12/17		
22.10	0	0.49975242	0.14	0.00	45	0.305636344	0	22.10	0.50	1.13085447
5/12/17					0.012310			5/12/17		
22.15	0	0.34401844	0.09	0.00	08	0.275604889	0	22.15	0.34	1.01973809
5/12/17					0.011100			5/12/17		
22.20	0	0.26188897	0.07	0.00	5	0.248524288	0	22.20	0.26	0.91953986
5/12/17					0.010009			5/12/17		
22.25	0	0.14894128	0.04	0.00	78	0.224104593	0	22.25	0.15	0.829187
5/12/17					0.009026			5/12/17		
22.30	0	0.05800203	0.02	0.00	23	0.202084349	0	22.30	0.06	0.74771209

Lampiran 2 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode SCS

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
5/12/17					0.008139			5/12/17		
22.35	0	0.00908561	0.00	0.00	33	0.182227786	0	22.35	0.01	0.67424281
5/12/17					0.007339			5/12/17		
22.40	0.5	0	0.00	0.00	57	0.164322306	0.5	22.40	0.00	0.60799253
5/12/17					0.006618			5/12/17		
22.45	0.5	0	0.00	0.00	39	0.148176196	0.5	22.45	0.00	0.54825192
5/12/17								5/12/17		
22.50	0.25	0	0.00	0.00		0.133616583	0.25	22.50	0.00	0.49438136
5/12/17								5/12/17		
22.55	0.25	0	0.00	0.00		0.12048758	0.25	22.55	0.00	0.44580405
5/12/17								5/12/17		
23.00	0.25	0	0.00	0.00		0.108648617	0.25	23.00	0.00	0.40199988
5/12/17								5/12/17		
23.05	0.25	0	0.00	0.00		0.097972936	0.25	23.05	0.00	0.36249986
5/12/17								5/12/17		
23.10	0	0	0.00	0.00		0.088346234	0	23.10	0.00	0.32688107
5/12/17								5/12/17		
23.15	0	0	0.00	0.00		0.079665441	0	23.15	0.00	0.29476213
5/12/17								5/12/17		
23.20	0	0	0.00	0.00		0.058039601	0	23.20	0.00	0.21474652
5/12/17								5/12/17		
23.25	0	0	0.00	0.00		0.03853869	0	23.25	0.00	0.14259315
5/12/17								5/12/17		
23.30	0	0	0.00	0.00		0.01827374	0	23.30	0.00	0.06761284
5/12/17								5/12/17		
23.35	0	0	0.00	0.00		0	0	23.35	0.00	0
5/12/17								5/12/17		
23.40	0	0	0.00	0.00		0	0	23.40	0.00	0

Lampiran 2 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode SCS

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
5/12/17								5/12/17		
23.45	0	0	0.00	0.00		0	0	23.45	0.00	0
5/12/17								5/12/17		
23.50	0	0	0.00	0.00		0	0	23.50	0.00	0
5/12/17								5/12/17		
23.55	0	0	0.00	0.00		0	0	23.55	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.00	0	0	0.00	0.00		0	0	0.00	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.05	0	0	0.00	0.00		0	0	0.05	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.10	0	0	0.00	0.00		0	0	0.10	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.15	0	0	0.00	0.00		0	0	0.15	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.20	0	0	0.00	0.00		0	0	0.20	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.25	0	0	0.00	0.00		0	0	0.25	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.30	0	0	0.00	0.00		0	0	0.30	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.35	0	0.0025907	0.00	0.00		0	0	0.35	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.40	0	1.4765E-05	0.00	0.00		0	0	0.40	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.45	0	0	0.00	0.00		0	0	0.45	0.00	0
6/12/17								6/12/17		
0.50	0	0	0.00	0.00		0	0	0.50	0.00	0

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017 20.20	0	0	0.00	0	0.019819	8.69	0	5/12/17 20.20	0.00	0
05/12/2017 20.25	0	0	0.00	0	0.041904	0	0	5/12/17 20.25	0.00	0
05/12/2017 20.30	0.5	0	0.00	0.11	0.063075	0.002180181	0.39	5/12/17 20.30	0.00	0.00806667
05/12/2017 20.35	0.5	0	0.00	0.11	0.082037	0.006789685	0.39	5/12/17 20.35	0.00	0.02512183
05/12/2017 20.40	2.5	0	0.00	0.55	0.098289	0.022448733	1.95	5/12/17 20.40	0.00	0.08306031
05/12/2017 20.45	2.5	0	0.00	0.55	0.096423	0.049910907	1.95	5/12/17 20.45	0.00	0.18467036
05/12/2017 20.50	6.25	0.88845909	0.24	1.375	0.090100	0.104827433	4.875	5/12/17 20.50	0.89	0.3878615
05/12/2017 20.55	6.25	1.75866731	0.48	1.375	0.081984	0.186101968	4.875	5/12/17 20.55	1.76	0.68857728
05/12/2017 21.00	5	2.43929484	0.66	1.1	0.073338	0.285847444	3.9	5/12/17 21.00	2.44	1.05763554
05/12/2017 21.05	5	2.9669381	0.80	1.1	0.064822	0.393449671	3.9	5/12/17 21.05	2.97	1.45576378
05/12/2017 21.10	1.75	3.1731298	0.86	0.385	0.056787	0.490732939	1.365	5/12/17 21.10	3.17	1.81571187
05/12/2017 21.15	1.75	3.04605255	0.82	0.385	0.049408	0.560964124	1.365	5/12/17 21.15	3.05	2.07556726
05/12/2017 21.20	1.5	2.91183334	0.79	0.33	0.042751	0.600593243	1.17	5/12/17 21.20	2.91	2.222195

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017					0.036826					
21.25	1.5	2.57647274	0.70	0.33	95	0.614708987	1.17	5/12/17 21.25	2.58	2.27442325
05/12/2017					0.031604					
21.30	0.75	2.18727287	0.59	0.165	9	0.603108157	0.585	5/12/17 21.30	2.19	2.23150018
05/12/2017					0.027037					
21.35	0.75	1.78876432	0.48	0.165	83	0.57946201	0.585	5/12/17 21.35	1.79	2.14400944
05/12/2017					0.019409					
21.40	0.5	1.47857341	0.40	0.11	23	0.547106447	0.39	5/12/17 21.40	1.48	2.02429385
05/12/2017					0.013060					
21.45	0.5	1.15947238	0.31	0.11	03	0.509456684	0.39	5/12/17 21.45	1.16	1.88498973
05/12/2017					0.007811					
21.50	0	0.96439732	0.26	0	55	0.465892169	0	5/12/17 21.50	0.96	1.72380103
05/12/2017					0.003504					
21.55	0	0.66658446	0.18	0	87	0.420131749	0	5/12/17 21.55	0.67	1.55448747
05/12/2017										
22.00	0	0.49975242	0.14	0	0	0.372000558	0	5/12/17 22.00	0.50	1.37640206
05/12/2017										
22.05	0	0.34401844	0.09	0	0	0.323564327	0	5/12/17 22.05	0.34	1.19718801
05/12/2017										
22.10	0	0.26188897	0.07	0	0	0.272763561	0	5/12/17 22.10	0.26	1.00922518
05/12/2017										
22.15	0	0.14894128	0.04	0	0	0.22278464	0	5/12/17 22.15	0.15	0.82430317
05/12/2017										
22.20	0	0.05800203	0.02	0	0	0.175628153	0	5/12/17 22.20	0.06	0.64982417
05/12/2017										
22.25	0	0.00908561	0.00	0	0	0.132834747	0	5/12/17 22.25	0.01	0.49148856
05/12/2017										
22.30	0	0	0.00	0	0	0.096826107	0	5/12/17 22.30	0.00	0.3582566

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017 22.35	0	0	0.00	0	0	0.069112915	0	5/12/17 22.35	0.00	0.25571779
05/12/2017 22.40	0.5	0	0.00	0.11	0	0.050827485	0.39	5/12/17 22.40	0.00	0.1880617
05/12/2017 22.45	0.5	0	0.00	0.11	0	0.040291089	0.39	5/12/17 22.45	0.00	0.14907703
05/12/2017 22.50	0.25	0	0.00	0.055	0	0.036066182	0.195	5/12/17 22.50	0.00	0.13344487
05/12/2017 22.55	0.25	0	0.00	0.055	0	0.034899873	0.195	5/12/17 22.55	0.00	0.12912953
05/12/2017 23.00	0.25	0	0.00	0.055	0	0.036409628	0.195	5/12/17 23.00	0.00	0.13471562
05/12/2017 23.05	0.25	0	0.00	0.055	0	0.038233402	0.195	5/12/17 23.05	0.00	0.14146359
05/12/2017 23.10	0	0	0.00	0	0	0.039083738	0	5/12/17 23.10	0.00	0.14460983
05/12/2017 23.15	0	0	0.00	0	0	0.038864618	0	5/12/17 23.15	0.00	0.14379909
05/12/2017 23.20	0	0	0.00	0	0	0.03764786	0	5/12/17 23.20	0.00	0.13929708
05/12/2017 23.25	0	0	0.00	0	0	0.03537155	0	5/12/17 23.25	0.00	0.13087473
05/12/2017 23.30	0	0	0.00	0	0	0.032178703	0	5/12/17 23.30	0.00	0.1190612
05/12/2017 23.35	0	0	0.00	0	0	0.028745056	0	5/12/17 23.35	0.00	0.10635671
05/12/2017 23.40	0	0	0.00	0	0	0.025368924	0	5/12/17 23.40	0.00	0.09386502

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5 min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017 23.45	0	0	0.00	0	0	0.022193285	0	5/12/17 23.45	0.00	0.08211515
05/12/2017 23.50	0	0	0.00	0	0	0.019284876	0	5/12/17 23.50	0.00	0.07135404
05/12/2017 23.55	0	0	0.00	0	0	0.016668325	0	5/12/17 23.55	0.00	0.0616728
06/12/2017 00.00	0	0	0.00	0	0	0.013941732	0	6/12/17 0.00	0.00	0.05158441
06/12/2017 00.05	0	0	0.00	0	0	0.011173807	0	6/12/17 0.05	0.00	0.04134309
06/12/2017 00.10	0	0	0.00	0	0	0.008614214	0	6/12/17 0.10	0.00	0.03187259
06/12/2017 00.15	0	0	0.00	0	0	0.006255966	0	6/12/17 0.15	0.00	0.02314707
06/12/2017 00.20	0	0	0.00	0	0	0.004088061	0	6/12/17 0.20	0.00	0.01512583
06/12/2017 00.25	0	0.0025907	0.00	0	0	0.002408212	0	6/12/17 0.25	0.00	0.00891039
06/12/2017 00.30	0	1.4765E-05	0.00	0	0	0.001340705	0	6/12/17 0.30	0.00	0.00496061
06/12/2017 00.35	0	0	0.00	0	0	0.000622403	0	6/12/17 0.35	0.00	0.00230289
06/12/2017 00.40	0	0	0.00	0	0	0.000192768	0	6/12/17 0.40	0.00	0.00071324
06/12/2017 00.45	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 0.45	0.00	0
06/12/2017 00.50	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 0.50	0.00	0

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
06/12/2017 00.55	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 0.55	0.00	0
06/12/2017 01.00	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.00	0.00	0
06/12/2017 01.05	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.05	0.00	0
06/12/2017 01.10	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.10	0.00	0
06/12/2017 01.15	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.15	0.00	0
06/12/2017 01.20	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.20	0.00	0
06/12/2017 01.25	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.25	0.00	0
06/12/2017 01.30	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.30	0.00	0
06/12/2017 01.35	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.35	0.00	0
06/12/2017 01.40	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.40	0.00	0
06/12/2017 01.45	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.45	0.00	0
06/12/2017 01.50	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.50	0.00	0
06/12/2017 01.55	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 1.55	0.00	0
06/12/2017 02.00	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.00	0.00	0

Lampiran 3 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan metode koefisien aliran permukaan (Kr)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m3/s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF- DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB- PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m3/s)	Aliran Permukaan Simulasi (m3/s)
06/12/2017 02.05	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.05	0.00	0
06/12/2017 02.10	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.10	0.00	0
06/12/2017 02.15	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.15	0.00	0
06/12/2017 02.20	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.20	0.00	0
06/12/2017 02.25	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.25	0.00	0
06/12/2017 02.30	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.30	0.00	0
06/12/2017 02.35	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.35	0.00	0
06/12/2017 02.40	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.40	0.00	0
06/12/2017 02.45	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.45	0.00	0
06/12/2017 02.50	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.50	0.00	0
06/12/2017 02.55	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 2.55	0.00	0
06/12/2017 03.00	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 3.00	0.00	0
06/12/2017 03.05	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 3.05	0.00	0
06/12/2017 03.10	0	0	0.00	0	0	0	0	6/12/17 3.10	0.00	0

Lampiran 4 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan indeks infiltrasi (Φ)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF-DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017	39.50		7.93	8.30	0.0198	8.30		-0.37		
20.20	0	0	0.00	0	1983	0	0	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0419			20.20		
20.25	0	0	0.00	0	0458	0	0	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0630			20.25		
20.30	0.5	0	0.00	0	7568	0	0.5	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0820			20.30		
20.35	0.5	0	0.00	0	3781	0	0.5	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0982			20.35		
20.40	2.5	0	0.00	0	8973	0	2.5	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0964			20.40		
20.45	2.5	0	0.00	0	2382	0	2.5	5/12/17	0.00	0
05/12/2017					0.0901			20.45		
20.50	6.25	0.88845909	0.24	2.7	0011	0.05351353	3.55	5/12/17	0.89	0.19800006
05/12/2017					0.0819			20.50		
20.55	6.25	1.75866731	0.48	2.7	8466	0.166655896	3.55	5/12/17	1.76	0.61662681
05/12/2017					0.0733			20.55		
21.00	5	2.43929484	0.66	1.45	3801	0.312185448	3.55	5/12/17	2.44	1.15508616
05/12/2017					0.0648			21.00		
21.05	5	2.9669381	0.80	1.45	2237	0.481306816	3.55	5/12/17	2.97	1.78083522
05/12/2017					0.0567			21.05		
21.10	1.75	3.1731298	0.86	0	8799	0.639105736	1.75	5/12/17	3.17	2.36469122
05/12/2017					0.0494			21.10		
21.15	1.75	3.04605255	0.82	0	0813	0.736141131	1.75	5/12/17	3.05	2.72372218
05/12/2017					0.0427			21.15		
21.20	1.5	2.91183334	0.79	0	5194	0.765089531	1.5	5/12/17	2.91	2.83083126

Lampiran 4 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan indeks infiltrasi (Φ)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF-DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017					0.0368			5/12/17		
21.25	1.5	2.57647274	0.70	0	2695	0.746963511	1.5	21.25	2.58	2.76376499
05/12/2017					0.0316			5/12/17		
21.30	0.75	2.18727287	0.59	0	049	0.689830905	0.75	21.30	2.19	2.55237435
05/12/2017					0.0270			5/12/17		
21.35	0.75	1.78876432	0.48	0	3783	0.622555957	0.75	21.35	1.79	2.30345704
05/12/2017					0.0194			5/12/17		
21.40	0.5	1.47857341	0.40	0	0923	0.553565853	0.5	21.40	1.48	2.04819366
05/12/2017					0.0130			5/12/17		
21.45	0.5	1.15947238	0.31	0	6003	0.487062071	0.5	21.45	1.16	1.80212966
05/12/2017					0.0078			5/12/17		
21.50	0	0.96439732	0.26	0	1155	0.42516719	0	21.50	0.96	1.5731186
05/12/2017					0.0035			5/12/17		
21.55	0	0.66658446	0.18	0	0487	0.368847349	0	21.55	0.67	1.36473519
05/12/2017								5/12/17		
22.00	0	0.49975242	0.14	0	0	0.318398061	0	22.00	0.50	1.17807283
05/12/2017								5/12/17		
22.05	0	0.34401844	0.09	0	0	0.27372474	0	22.05	0.34	1.01278154
05/12/2017								5/12/17		
22.10	0	0.26188897	0.07	0	0	0.224633249	0	22.10	0.26	0.83114302
05/12/2017								5/12/17		
22.15	0	0.14894128	0.04	0	0	0.172698958	0	22.15	0.15	0.63898614
05/12/2017								5/12/17		
22.20	0	0.05800203	0.02	0	0	0.123701507	0	22.20	0.06	0.45769558
05/12/2017								5/12/17		
22.25	0	0.00908561	0.00	0	0	0.077634762	0	22.25	0.01	0.28724862
05/12/2017								5/12/17		
22.30	0	0	0.00	0	0	0.039726931	0	22.30	0.00	0.14698965

Lampiran 4 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan indeks infiltrasi (Φ)

Waktu	Pb (mm/5 min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF-DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017 22.35	0	0	0.00	0	0	0.016408809	0	5/12/17 22.35	0.00	0.06071259
05/12/2017 22.40	0.5	0	0.00	0	0	0.005082058	0.5	5/12/17 22.40	0.00	0.01880362
05/12/2017 22.45	0.5	0	0.00	0	0	0	0.5	5/12/17 22.45	0.00	0
05/12/2017 22.50	0.25	0	0.00	0	0	0	0.25	5/12/17 22.50	0.00	0
05/12/2017 22.55	0.25	0	0.00	0	0	0	0.25	5/12/17 22.55	0.00	0
05/12/2017 23.00	0.25	0	0.00	0	0	0	0.25	5/12/17 23.00	0.00	0
05/12/2017 23.05	0.25	0	0.00	0	0	0	0.25	5/12/17 23.05	0.00	0
05/12/2017 23.10	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.10	0.00	0
05/12/2017 23.15	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.15	0.00	0
05/12/2017 23.20	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.20	0.00	0
05/12/2017 23.25	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.25	0.00	0
05/12/2017 23.30	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.30	0.00	0
05/12/2017 23.35	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.35	0.00	0
05/12/2017 23.40	0	0	0.00	0	0	0	0	5/12/17 23.40	0.00	0

Lampiran 4 Contoh perhitungan simulasi Model MAPDAS dengan penentuan hujan neto berdasarkan indeks infiltrasi (Φ)

Waktu	Pb (mm/5min)	Aliran Permukaan (m ³ /s)	Aliran Permukaan (mm/5min)	Hujan Neto (mm/5min)	PDF-DAS	Aliran Permukaan Simulasi (mm/5min)	PB-PN	Waktu	Aliran Permukaan Pengukuran (m ³ /s)	Aliran Permukaan Simulasi (m ³ /s)
05/12/2017								5/12/17		
23.45	0	0	0.00	0	0	0	0	23.45	0.00	0
05/12/2017								5/12/17		
23.50	0	0	0.00	0	0	0	0	23.50	0.00	0
05/12/2017								5/12/17		
23.55	0	0	0.00	0	0	0	0	23.55	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.00	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.05	0	0	0.00	0	0	0	0	0.05	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.10	0	0	0.00	0	0	0	0	0.10	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.15	0	0	0.00	0	0	0	0	0.15	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.20	0	0	0.00	0	0	0	0	0.20	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.25	0	0.0025907	0.00	0	0	0	0	0.25	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.30	0	1.4765E-05	0.00	0	0	0	0	0.30	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.35	0	0	0.00	0	0	0	0	0.35	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.40	0	0	0.00	0	0	0	0	0.40	0.00	0
06/12/2017								6/12/17		
00.45	0	0	0.00	0	0	0	0	0.45	0.00	0

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta Timur pada tanggal 4 Februari 1990. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Apandi dan Ibu Suyanti. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN VIII Teluk Pucung, Bekasi Utara dari tahun 1996-2002, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Mutiara 17 Agustus, Bekasi Utara dan lulus pada tahun 2005. Penulis melanjutkan studinya ke SMA Negeri 22 Jakarta dan telah menyelesaikannya pada tahun 2008. Kemudian penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI) pada tahun 2008 dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2013. Penulis selanjutnya melanjutkan studi magister di Institut Pertanian Bogor pada Program Pengelolaan Daerah Aliran Sungai pada tahun 2015. Selama studi magister di IPB penulis aktif dikegiatan Forum mahasiswa pasca sarjana Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (ForDAS) sebagai Ketua Forum periode 2017-2018.