

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN
NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB
STUDI KASUS DAS JIANGWAN**



**IFFAN WIJAYA
NPM : 2014410043**

PEMBIMBING: Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Steven Reinaldo Rusli, M.T., M.Sc.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018**

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN
NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB
STUDI KASUS DAS JIANGWAN**



**IFFAN WIJAYA
NPM : 2014410043**

PEMBIMBING: Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Steven Reinaldo Rusli, M.T., M.Sc.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
DESEMBER 2018**

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN
NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB
STUDI KASUS DAS JIANGWAN**



**IFFAN WIJAYA
NPM : 2014410043**

BANDUNG, 10 DESEMBER 2018

PEMBIMBING:

Doddi Yudianto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Steven Reinaldo Rusli, M.T., M.Sc.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Iffan Wijaya

NPM : 2014410043

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul:” **PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB STUDI KASUS DAS JIANGWAN**” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 10 Desember 2018



Iffan Wijaya

2014410043

PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB STUDI KASUS DAS JIANGWAN

Iffan Wijaya
NPM: 2014410043

Pembimbing: Doddi Yudianto, Ph.D.
Ko-Pembimbing: Steven Reinaldo Rusli, S.T., M.T., M.Sc.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018

ABSTRAK

Model NRECA merupakan salah satu konsep yang sering digunakan karena kemudahan kalibrasinya, namun dalam pengkalibrasian parameter NRECA selama ini masih menggunakan cara *trial and error* yang dinilai kurang efektif dan relatif mudah terpengaruh oleh faktor kesalahan manusia. Maka dari itu, aplikasi pemodelan NRECA menggunakan Matlab bermaksud untuk mempermudah proses kalibrasi yang harus dilakukan. Aplikasi ini dapat melakukan kalibrasi secara otomatis untuk mendapatkan kombinasi parameter yang dapat menghasilkan kalibrasi paling optimal, mengetahui kecenderungan perubahan parameter pada DAS terkait dan menghasilkan kurva durasi. Dalam pengujian aplikasi ini digunakan data studi DAS Jiangwan. DAS Jiangwan telah menjadi DAS percontohan dalam penelitian dan pengembangan berbagai model hidrologi. Selain DAS Jiangwan memiliki karakteristik yang cukup jelas seperti aliran sungai kecil dan tanah tipis dengan porositas tinggi yang cukup mudah disesuaikan dengan parameter NRECA. Pengujian menggunakan data tahun 1971 sampai 1986 dengan menggunakan tiga buah skenario kalibrasi otomatis. Dari hasil analisis didapatkan nilai parameter PSUB dan GWF yang paling tepat untuk menggambarkan kondisi DAS Jiangwan adalah sebesar 0,80 dan 0,85 dan sesuai dengan dasar teori yang ada.

Kata kunci: Model NRECA, Matlab, Kalibrasi Parameter, Optimasi Hasil, Jiangwan

DEVELOPMENT OF NRECA RAINFALL RUNOFF MODELING WITH MATLAB APPLICATION CASE STUDY OF JIANGWAN RIVER BASIN

Iffan Wijaya
NPM: 2014410043

Advisor: Doddi Yudianto, Ph.D.
Co-Advisor: Steven Reinaldo Rusli, S.T., M.T., M.Sc.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DECEMBER 2018

ABSTRACT

NRECA model is one of the concepts that is often used because it is easy to calibrate, but up until now for calculation method still use trial and error method in determine NRECA parameter calibration which are considered to be less effective and relatively easily affected by human error factors. Therefore, the NRECA modeling application using Matlab intends to simplify the calibration process that must be done. This application can do a calibration automatically to get a combination of parameters that can produce the most optimal calibration, determine the tendency of parameter changes in the associated watershed and produce a duration curve. In testing this application, Jiangwan watershed data was used. The Jiangwan watershed has become a pilot watershed in the research and development of various hydrological models. Besides the Jiangwan watershed it has quite clear characteristics such as small river flow and thin soil with high porosity which is easily adapted into NRECA parameters. The test used data from 1971 to 1986 using three automatic calibration scenarios. From the results of the analysis, the most appropriate PSUB and GWF parameter values to describe Jiangwan watershed conditions are 0.80 and 0.85 and the result is corresponding with the existing theoretical basis.

Keywords: : NRECA, Matlab, Parameter Calibration, Result Optimization, Jiangwan

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGEMBANGAN PEMODELAN HUJAN LIMPASAN NRECA DENGAN APLIKASI MATLAB STUDI KASUS DAS JIANGWAN”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat akademik dalam menyelesaikan studi dan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil dari Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menemukan berbagai macam hambatan, tetapi berkat bimbingan dan bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan terselesaikannya skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Doddi Yudianto, Ph. D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran selama proses bimbingan dan memberikan pengarahan, saran, inspirasi dalam penyusunan aplikasi maupun laporan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Steven Reinaldo Rusli, S.T., M.T., M.Sc., selaku dosen ko-pembimbing yang telah memberikan perhatian, waktu, semangat, saran, dan berbagai ilmu pengetahuan yang berguna bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Wahyudi Triweko, Ph.D., Bapak Bambang Adi Riyanto, Ir. M.Eng., Bapak Salahudin Gozali, Ph.D., Ibu Yiniarti E. Kumala, Ir., Dipl.HE., dan Bapak Obaja Triputera Wijaya, S.T., M.T., M.Sc., selaku dosen di Komunitas Bidang Ilmu Teknik Sumber Daya Air yang telah memberikan berbagai masukan membangun bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Joshua Dave Leesander, Jonathan Reynaldi dan Ghazian Ewaldo Adri sebagai teman seperjuangan skripsi KBI TSDA yang saling membantu dan berproses dalam pengerjaan skripsi.
5. Malvin Samuel Marlim, Kevin Christian, Calvin Wimordi, Theo Senjaya, dan Kelvin Tandika yang menjadi guru sekaligus teman diskusi dalam pemodelan NRECA menggunakan Matlab.
6. Seluruh teman-teman Teknik Sipil Unpar angkatan 2014 yang telah berproses bersama-sama selama menuntut ilmu di Universitas katolik Parahyangan.
7. Seluruh anggota MPM periode 2017/2018 dan panitia PUPM 2018 yang menjadi tempat belajar dan pengalaman yang tak terlupakan untuk penulis.

8. Seluruh teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Dengan penuh rasa kerendahan hati penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, terdapat beberapa kekurangan dan masih bisa dikembangkan, oleh karena itu penulis sangat berterimakasih apabila ada kritik dan saran yang mengarahkan agar skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata penulis berharap dibalik segala kekurangan yang ada, skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi orang lain yang membacanya.

Bandung, 10 Desember 2018



Iffan Wijaya

2014410043

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Tujuan Studi	1-3
1.3 Pembatasan Masalah	1-3
1.4 Metodologi Penelitian	1-3
1.5 Sistematika Penulisan	1-5
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Siklus Hidrologi	2-1
2.2 Neraca Air	2-2
2.3 Metode NRECA	2-2
2.3.1 Parameter Metode NRECA	2-3
2.3.2 Proses Perhitungan Metode NRECA	2-4
2.4 Kalibrasi Parameter Model NRECA	2-8
2.5 Kurva Durasi	2-10
2.6 Pemodelan Menggunakan Matlab	2-10
2.6.1 System Pada Matlab	2-11
2.6.2 Variabel Pada Matlab	2-12
BAB 3 KONDISI UMUM DAERAH STUDI	3-1
3.1 Kondisi Geografis Daerah Studi	3-1
3.2 Data Hidrologi Daerah Studi	3-2
3.2.1 Data Hujan	3-2
3.2.2 Data Evapotranspirasi	3-4
3.2.3 Data Debit Observasi	3-4

BAB 4 ANALISIS DATA.....	4-1
4.1 Pemodelan Menggunakan Matlab	4-1
4.2 Kalibrasi dan Verifikasi Model NRECA.....	4-8
4.2.1 Skenario 1 (Kalibrasi Seluruh Data)	4-9
4.2.2 Skenario 2 (Kalibrasi Data Per Tahun)	4-12
4.2.3 Skenario 3 (Kalibrasi dan Verifikasi)	4-15
4.3 Evaluasi Hasil Pemodelan	4-18
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....	xix
Lampiran 1.....	1
Lampiran 2.....	1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AET	: aktual evapotranspirasi bulanan (mm/bln)
DELSTOR	: perubahan tampungan kelengasan tanah (mm)
DRO	: limpasan langsung (mm)
E	: evapotranspirasi
EXMRAT	: rasio kelebihan kelengasan tanah
EXMST	: kelebihan kelengasan tanah (mm)
GF	: aliran air tanah (mm)
GWS	: tampungan aliran air tanah (mm)
n	: banyak data yang ditinjau
NRECA	: <i>National Rural Electric Cooperative Association</i>
NS	: <i>Nash-Sutcliffe Coefficient</i>
P	: presipitasi
PET	: potensial evapotranspirasi bulanan (mm/bln)
PREC	: presipitasi atau hujan bulanan (mm/bln)
PRERAT	: rasio presipitasi
Q	: aliran permukaan
Qs	: debit hasil simulasi (m ³ /s)
Qo	: debit pengamatan (m ³ /s)
Qoavg	: debit pengamatan rata-rata (m ³ /s)
RGW	: infiltrasi air kedalam tanah (mm)
RMSE	: <i>Root Mean Square Error</i>
SMS	: tampungan kelengasan tanah (mm)
STORAT	: rasio tampungan
TD	: total debit (m ³ /s)
WATBAL	: keseimbangan air (mm)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-4
Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	2-1
Gambar 2.2 Skema Pemodelan NRECA.....	2-3
Gambar 2.3 Diagram Alir Pemodelan NRECA	2-8
Gambar 3.1 Lokasi dan Model Elevasi Digital DAS Jiangwan.....	3-1
Gambar 3.2 Presipitasi Bulanan DAS Jiangwan Tahun 1971-1986	3-3
Gambar 3.3 Evapotranspirasi Tahun 1971-1986	3-5
Gambar 3.4 Debit Observasi Rata-Rata Bulanan Tahun 1971-1986.....	3-6
Gambar 4.1 Hasil Kalibrasi NS Kelengasan Tanah Awal =2,5 Nominal	4-5
Gambar 4.2 Hasil Kurva Aliran Kelengasan Tanah Awal = 2,5 Nominal.....	4-6
Gambar 4.3 Diagram Alir Pemrograman	4-7
Gambar 4.4 Tampilan Program Matlab	4-8
Gambar 4.5 Hasil Kalibrasi NS Skenario 1 Faktor Hujan =1	4-10
Gambar 4.6 Kurva Durasi Skenario 1 Faktor Hujan =1	4-10
Gambar 4.7 Kurva Aliran Skenario 1 Faktor Hujan =1	4-11
Gambar 4.8 Hasil Kalibrasi NS Tahun 1977 Faktor Hujan = 1	4-14
Gambar 4.9 Hasil kalibrasi NS Tahun 1973 Faktor Hujan = 1	4-14
Gambar 4.10 Hasil Kalibrasi NS Tahun 1980 Faktor Hujan = 1	4-15
Gambar 4.11 Hasil Kalibrasi NS Tahun 1983 Faktor Hujan = 1	4-15
Gambar 4.12 Hasil Kalibrasi NS Skenario 3 Faktor Hujan = 1	4-16
Gambar 4.13 Hasil Verifikasi NS Skenario 3 Faktor Hujan = 1.....	4-16
Gambar 4.14 Kurva Durasi Skenario 1 dan 3 Faktor Hujan = 1.....	4-17
Gambar 4.15 Hasil Kurva Aliran Faktor Hujan = 0,9.....	4-18
Gambar 4.16 Perbandingan Kurva Durasi Faktor Hujan = 0,9.....	4-19
Gambar 4.17 Hasil Kurva Aliran Kalibrasi Manual	4-23

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jika Kelengasan Tanah Awal = 2,5 Nominal	4-3
Tabel 4.2 Jika Kelengasan Tanah Awal = 2 Nominal	4-4
Tabel 4.3 Perbandingan Debit Skenario 1 Faktor Hujan =1	4-10
Tabel 4.4 Hasil Kalibrasi Skenario 2 Faktor Hujan = 1	4-13
Tabel 4.5 Perbedaan Debit Skenario 1 dan 3 Faktor Hujan = 1	4-17
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Kalibrasi Skenario 1 dan 3 Faktor Hujan 1	4-17
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Kalibrasi Skenario 1 dan 3 Faktor hujan 0,9.....	4-18
Tabel 4.8 Perbandingan Debit Faktor Hujan = 0,9.....	4-19
Tabel 4.9 Hasil Skenario 2 Faktor Hujan = 0,9	4-20
Tabel 4.10 Hasil Kalibrasi Tanpa Tahun 1977 Literasi 0,01	4-20
Tabel 4.11 Perbedaan Debit Literasi 0,01	4-21
Tabel 4.12 Hasil Skenario 2 Literasi 0,01	4-21
Tabel 4.13 Perbandingan Waktu Kalibrasi.....	4-21
Tabel 4.14 Debit Setelah Penyesuaian Nilai Kelengasan Tanah Awal	4-22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hidrologi.....	L1-1
Lampiran 2 Perbandingan <i>Spreadsheet Microsoft Excel</i>	L2-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling dibutuhkan manusia untuk menunjang keberlangsungan hidupnya. Bahkan, pemanfaatan sumber daya air di suatu daerah seringkali menjadi indikator untuk mengobservasi kondisi kelestarian lingkungan (Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Selain itu, pemanfaatan air juga menjadi salah satu penunjang utama perkembangan perekonomian di berbagai negara, mulai dari sektor industri, pertanian, sarana rekreasi, dan lainnya. Memperhatikan perkembangan tersebut, serta kondisi lingkungan beberapa tahun terakhir, ketersediaan air bersih untuk daerah perkotaan, terutama di negara berkembang, jelas menjadi tantangan baik di masa kini ataupun masa mendatang (UNICEF Indonesia, 2012).

Tantangan penyediaan air bersih ini terjadi, salah satunya dikarenakan oleh adanya ketidakseimbangan antara pertumbuhan penduduk yang sangat cepat dengan lambatnya peningkatan kemampuan untuk mengembangkan sistem penyediaan air yang memadai. Selain itu, kualitas peramalan sumber daya air yang didasarkan pada pemodelan hidrologi juga masih sering mendapatkan masalah. Permasalahan yang seringkali dihadapi adalah tingkat keandalan yang kurang baik, baik dari segi reliabilitas data ataupun kecocokan pemodelan. Dari permasalahan ini, kemudian timbul berbagai permasalahan seperti kekeringan hingga isu sosial yang berujung terhadap ancaman kesehatan lingkungan hidup. Maka dari itu, studi ini bermaksud untuk menyediakan alat bantu dalam melakukan pemodelan hidrologi serta memberikan akses yang lebih mudah dalam melakukan interpretasi hasil simulasi dan analisis.

Analisis ketersediaan air atau debit andalan untuk periode bulanan umumnya menggunakan konsep neraca air, yang telah berkembang dengan sangat

pesat dan adaptif pada lokasi studi. Dua model yang cukup banyak digunakan yaitu model NRECA dan model F.J. Mock (Standar Perencanaan Irigasi). Di Indonesia sendiri, model NRECA merupakan salah satu konsep yang sering digunakan karena kemudahan kalibrasinya, sebagai contoh studi yang menggunakan pemodelan NRECA adalah Perbandingan Pemodelan Hujan-Limpasan antara *Artificial Neural Network* (ANN) dan NRECA (Adidarma,2004), Simulasi Hujan-Debit di Daerah Aliran Sungai Bah Bolon dengan Metode Mock, NRECA, dan GR2M (Setroyashi,2015) dan berbagai studi lainnya. Hal ini dapat terjadi karena konsep model yang sederhana, dengan hanya tiga buah parameter yaitu PSUB, nominal dan GWF.

Studi ini membahas pengembangan model NRECA dengan memanfaatkan teknik komputasi yang tinggi dan bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan merupakan bahasa Matlab, dikarenakan Matlab memiliki beberapa keunggulan dari beberapa bahasa pemrograman lainnya seperti Fortran dan Python. Matlab memiliki keunggulan dalam kemampuan penggambaran data, mudah dipelajari dan digunakan, memiliki berbagai fungsi *built-in*, serta Matlab sangat cocok untuk membuat prototipe karena kecepatan perakitanannya. Maka seperti telah disebutkan di atas, diharapkan hasil studi ini dapat mempermudah perhitungan ketersediaan air dalam suatu daerah aliran sungai. Dengan adanya fungsi kalibrasi otomatis dari model, diharapkan perhitungan ketersediaan air menjadi semakin cepat dan sempurna.

Data yang digunakan dalam studi ini merupakan data dari Daerah Aliran Sungai Jiangwan. DAS Jiangwan sendiri terletak di Provinsi ZheJiang, Tiongkok dan telah menjadi DAS percontohan dalam penelitian dan pengembangan berbagai model hidrologi. Penggunaan data DAS Jiangwan dalam studi ini sendiri telah mempertimbangkan studi sebelumnya seperti Implementasi Model Xinanjiang yang Berbasis Sistem Informasi Geografis dalam Analisis Neraca Air DAS Jiangwan (Rusli,2015) dan Aplikasi Model Sacramento dalam Analisis Neraca Air DAS Jiangwan (Marlim,2017) yang memberikan hasil yang baik, menjelaskan tingginya tingkat keandalan sistem pengelolaan data DAS tersebut.

1.2 Tujuan Studi

Secara umum, tujuan dari studi ini adalah menentukan kombinasi parameter NRECA DAS Jiangwan dengan cara menyusun suatu perangkat lunak sederhana yang mampu melakukan analisis simulasi hujan–limpasan dengan konsep model NRECA berbasis bulanan. Dalam tujuan menghasilkan produk tersebut, digunakan bahasa Matlab sebagai bentuk penyempurnaan dari *spreadsheet Microsoft Excel* yang sudah ada. Diharapkan, aplikasi Matlab dalam studi ini memberikan kontribusi positif sebagai berikut:

1. Kemampuan menunjukkan kecenderungan perubahan parameter berbasis tahunan dalam grafik.
2. Fleksibilitas temporal dalam menentukan periode kalibrasi dan verifikasi.
3. Mampu melakukan kalibrasi secara otomatis dengan menggunakan metode numerik tertentu.

1.3 Pembatasan Masalah

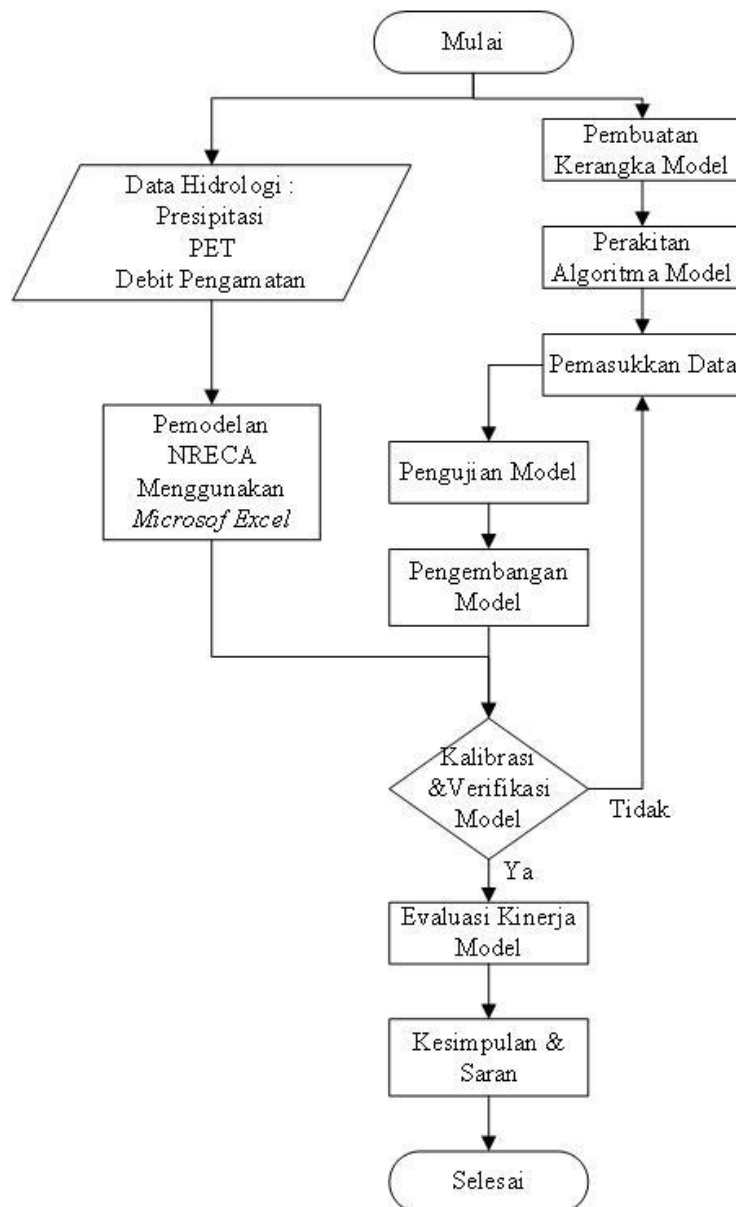
Dalam studi ini ruang lingkup masalah dibatasi oleh:

1. Daerah studi yang ditinjau adalah DAS Jiangwan dengan menggunakan data hujan, PET dan debit dari data yang tersedia.
2. Pembuatan model ketersediaan air hanya terbatas pada pemodelan NRECA dengan basis ketersediaan air bulanan.

1.4 Metodologi Penelitian

Studi ini dimulai dengan merumuskan permasalahan dan melakukan studi pustaka dari berbagai literatur hidrologi, khususnya terkait dengan pemodelan NRECA dan pemrograman. Secara simultan, perlu dirumuskan dua buah konsep dengan tingkat kepentingan yang sama, yaitu kerangka kerja perangkat lunak atau seringkali disebut dengan istilah antarmuka pengguna dan kerangka kerja model NRECA. Setelah konsep tersebut dipahami, hal pertama yang dilakukan adalah pembuatan antarmuka pengguna terlebih dahulu, yang dapat memudahkan pengguna dalam pengoperasian perangkat lunak. Kemudian, sambungan jenis data dari dalam perangkat lunak dibuat, terutama antara perangkat lunak dengan *Microsoft Excel*. Proses ini disebut dengan asimilasi data.

Setelah itu, algoritma kerangka model NRECA baru dimasukkan ke dalam pengkodean. Evaluasi program dilakukan dengan membandingkan hasil yang didapat dengan menggunakan program *Microsoft Excel*. Setelah program menghasilkan performa yang memuaskan, model dikembangkan lebih jauh dengan kelebihan-kelebihan seperti yang disebutkan pada bagian 1.2. Secara umum, diagram alir studi ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

1.5 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Di dalam bab ini dijelaskan latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi studi, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Di dalam bab ini dijelaskan dasar teori tentang siklus hidrologi, neraca air, metode NRECA, kalibrasi parameter model, dan model Matlab.

BAB 3 KONDISI UMUM DAERAH STUDI

Di dalam bab ini dijelaskan data yang digunakan untuk studi ini, data akan terbagi menjadi data geografis dan data hidrologi.

BAB 4 ANALISIS DATA

Di dalam bab ini dijelaskan tentang pemodelan menggunakan Matlab, cara penggunaan program, cara mengkalibrasi parameter secara otomatis, dan *model evaluation* sehingga hasil yang diperoleh mendekati dengan data observasi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Di dalam bab ini disebutkan kesimpulan yang diperoleh dari studi kasus yang dilakukan dan penulisan saran-saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan model yang terkait dengan studi ini.