

**VALIDASI DATA CURAH HUJAN POS PENAKAR HUJAN
DENGAN DATA CURAH HUJAN TRMM**

(Tesis)

HARY WIJANARKO



**PROGRAM PASCASARJA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

**VALIDASI DATA CURAH HUJAN POS PENAKAR HUJAN
DENGAN DATA CURAH HUJAN TRMM**

**Oleh
HARY WIJANARKO**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNIK SIPIL**

Pada

**Progam Pascasarjana Magister Teknik
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

VALIDASI DATA CURAH HUJAN POS PENAKAR HUJAN DENGAN DATA CURAH HUJAN TRMM

Oleh:

HARY WIJANARKO

Data hujan merupakan salah satu data hidrologi yang sangat penting untuk digunakan dalam perencanaan bangunan air dan manajemen air serta proyek-proyek pengembangan sumber daya air. Data hujan diperoleh dari pengukuran pos penakar hujan dan satelit pengukur hujan yaitu TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). Prediksi data hujan yang hilang dapat dimodelkan melalui perilaku data serial data TRMM. Oleh karena itu penelitian dalam rangka menemukan metode validasi data hidrologi dengan permodelan data TRMM adalah hal yang sangat penting dilakukan. Data TRMM dan data pos penakar hujan akan dibuat permodelan statistik sebagai suatu sebab dan akibat. Data pos hujan yang akan dipakai dalam permodelan statistik ini adalah data dari stasiun pos hujan dibawah pengelolaan Dinas PSDA Provinsi Lampung. Ketika permodelan yang dimaksud menghasilkan persamaan yang menggambarkan hubungan antara data TRMM dan pos hujan tersebut maka seluruh lokasi yang berada di sekitar stasiun tersebut dapat diprediksi dengan tepat.

Berdasarkan analisis digunakan dua model regresi yaitu regresi linier dan regresi polinomial. Nilai koefisien determinan terbesar akan dipilih sebagai model persamaan pada tahapan validasi data. Nilai koefisien korelasi antara data curah hujan TRMM dan data curah hujan pos penakar akan lebih baik dilakukan pada periode atau menggunakan data bulanan. Nilai korelasi bulanan memiliki hasil hubungan yang lebih kuat dibandingkan periode dua mingguan, mingguan dan harian. Pada periode bulanan, dua mingguan dan mingguan data curah hujan TRMM yang menjadi objek validasi pada setiap stasiun memiliki pola yang sudah dapat dikatakan mengikuti pola curah hujan pos penakar meskipun nilainya masih di bawah nilai korelasi yang mempunyai hubungan kuat.

Kata kunci : Data hujan, TRMM, validasi, korelasi

ABSTRACT

VALIDATION OF RAIN GAUGING STATIONS RAINFALL DATA WITH TRMM RAINFALL DATA

By:

HARY WIJANARKO

Rainfall data is one of the most important hydrological data to be used in water construction planning and water management as well as water resources development projects. Rainfall data was obtained from the measurement of the rain gauging stations and the rain measuring satellite, namely TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Prediction of lost rain data can be modeled through the behavior of serial data from TRMM data. Therefore, research in order to find a method of validating hydrological data with TRMM data modeling is very important to do. The TRMM data and the gauging stations rainfall data will be statistically modeled as a cause and effect. The gauging station rainfall data will be used in this statistical modeling is data from the gauging stations rainfall data under the management of the PSDA Lampung Province Office. When the modeling in question produces an equation that describes the relationship between the TRMM data and the rain post, all locations around the station can be predicted accurately.

Based on the analysis used two regression models, namely linear regression and polynomial regression. The value of the largest determinant coefficient will be selected as an equation model at the data validation stage. The value of the correlation coefficient between the TRMM rainfall data and the post-measurement rainfall data would be better done in periods or using monthly data. Monthly correlation values have a stronger relationship than semimonthly, weekly and daily periods. In the monthly, semimonthly and weekly periods, the TRMM rainfall data which is the object of validation at each station has a pattern that can be said to follow the post-measurement rainfall pattern even though the value is still below the correlation value which has a strong connection.

Keywords: Rainfall data, TRMM, validation, correlation

Judul Tesis : **VALIDASI DATA CURAH HUJAN POS
PENAKAR HUJAN DENGAN DATA
CURAH HUJAN TRMM**

Nama Mahasiswa : **Hary Wijanarko**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1725011018**

Program Studi : **Magister Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

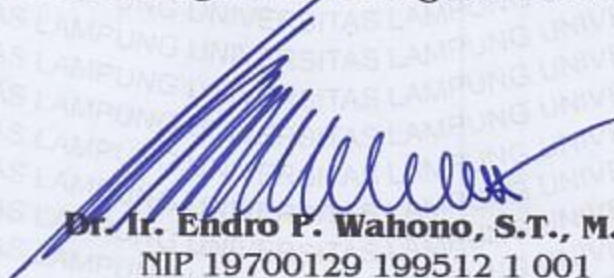


Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002



Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 1 001

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

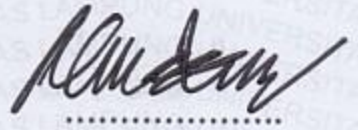


Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

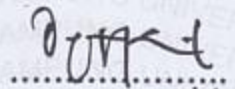
Ketua : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**



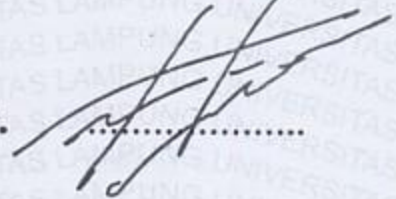
Sekretaris : **Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Dyah Indriana K., S.T., M.Sc.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP 19620717 198703 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP 19710415 199803 1 005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **02 November 2021**

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa sesungguhnya tesis yang saya susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Progam Pascasarjana Magister Teknik Sipil seluruhnya adalah benar merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis ini, saya kutip dari hasil penulisan orang lain yang sumbernya dituliskan dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

Tesis dengan judul “Validasi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Dengan Data Curah Hujan TRMM” dapat diselesaikan berkat bimbingan dan motivasi dari pembimbing-pembimbing saya, yaitu:

1. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
2. Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.

Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kedua dosen pembimbing dan Bapak/ Ibu Dosen Progam Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan motivasi.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis yang saya buat ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bandar Lampung, November 2021



Hary Wijanarko
NPM: 1725011018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 23 Maret 1985, sebagai anak kelima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Marwoto (Alm) dan Ibu Miswati (Almh).

Penulis memulai pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Bayangkari Polresta Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 1991, menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Kartika II-5 Bandar

Lampung pada tahun 1991-1997, Sekolah Menengah Pertama ditempuh di SMP Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 1997-2000, melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 02 Bandar Lampung pada tahun 2000-2003. Pada tahun 2004 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa S1 Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN). Tahun 2017 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Lampung.

Penulis menikah pada tahun 2011 dan saat ini sudah dikaruniai dua orang anak yaitu putra dan putri.

Sebelum melanjutkan studi sebagai mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Lampung penulis sempat bekerja di Bank Rakyat Indonesia ,Tbk dari tahun 2009 sampai tahun 2017. Saat ini penulis bekerja pada Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Lampung sejak tahun 2019. Pada tahun 2020 penulis melakukan penelitian pada bidang pengelolaan data curah hujan dengan judul tugas akhir “Validasi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Dengan Data Curah Hujan TRMM” dibawah bimbingan Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. dan Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc..

Bandar Lampung, November 2021
Penulis

HARY WIJANARKO

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalamin, Kuucapkan Syukur atas Karunia-Mu dan Dengan Segala Kerendahan Hati meraih Ridho Illahi Robbi dan syafaat nabi Muhammad SAW Kupersembahkan karya Kecilku ini untuk orang-orang yang aku sayangi

Bapak dan Ibuku

Kedua orang tua, Bapak Marwoto (Alm) dan Ibu Miswati (Almh) atas segala pengorbanan yang tak terbalaskan, do'a, kesabaran, keikhlasan, cinta dan kasih sayangnya yang tidak ada putusnya

Istri dan Anak-anakku

Yang selalu memberikan semangat, dan keceriaan dalam perjalanan menempuh tugas ini hingga selesai

Suadara - Saudaraku

Untuk kakak-kakakku, yang telah memberikan bantuan dukungan moril dan materil dalam menyelesaikan tugas dan kewajibanku ini

Dosen Teknik Sipil

Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran serta saran baik secara akademis maupun non akademis

Keluarga Besar Magister Teknik Sipil 2017

Yang selalu memberi semangat, dukungan dalam proses yang sangat panjang, dan selalu berdiri bersama dalam perjuangan menuju kesuksesan

MOTTO

**Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman dari kamu sekalian dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat.
(QS. Al Mujadalah 58:11)**

**Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.
(HR. Muslim)**

**Ilmu adalah kehidupan bagi pikiran. –
(Abu Bakar Ash Siddiq RA)**

**Menuntut ilmu adalah takwa, menyampaikan ilmu adalah ibadah,
mengulang-ulang ilmu adalah zikir, mencari ilmu adalah jihad**

**Esensi dari ilmu adalah untuk mengetahui apa itu ibadah dan ketaatan.
(Imam Ghazali)**

**Ngelmu iku kalakone kanthi laku. Lekase lawan kas, tegese kas nyantosani.
Setya budya pangekese dur angkara**

SAN WACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillahirobbilalamin, Penulis haturkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan mempersembahkan judul "*Validasi Data Curah Hujan Pos Penakar Hujan Dengan Data Curah Hujan TRMM*" dengan sebaik-baiknya.

Shalawat beriring salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepenuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M. Si, Selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. Selaku Direktur Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Suharno, M.sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

5. Bapak Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung sekaligus pembimbing kedua tesis.
6. Bapak Dr. Eng. Mohd.Isneini, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik
7. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama tesis, yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.
8. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku pembimbing kedua tesis, yang telah banyak memberikan waktu, pengalaman, motivasi dan pemikiran bagi penulis.
9. Ibu Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji utama yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
10. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T.,M.T. selaku dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
11. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
12. Staff Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Seluruh teman-teman Program Studi Magister Teknik Sipil Unila angkatan 2017 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dan juga beban dari angkatan 2017.
14. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi isi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata sedikit harapan penulis semoga karya sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Allahumma Aamiin..

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, November 2021
Penulis,

Hary Wijanarko

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Maksud dan Tujuan	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hujan	7
2.1.1 Curah Hujan	8
2.1.2 Pengukuran Data Hujan	8
2.2 (<i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i>) TRMM	13
2.3 Analisa Kesesuaian Metode	17
2.3.1 Kalibrasi	17
2.3.1.1 Regresi Linier (<i>Linier Regression</i>).....	19
2.3.1.2 Regresi Eksponensial (<i>Exponential Regression</i>)..	20
2.3.1.3 Regresi Logaritmik (<i>Logarithmic Regression</i>) ...	21
2.3.1.4 Regresi Polinomial (<i>Polynomial Regression</i>)	21
2.3.1.5 Regresi Berpangkat (<i>Power Regression</i>)	22
2.3.2 Verifikasi.....	23
2.3.3 Validasi Data.....	24
2.3.3.1 <i>Root Squared Error</i> (RMSE)	24

2.3.3.2 Koefisien Korelasi.....	26
2.3.3.3 Kesalahan Relatif (KR)	26
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Studi Literatur	28
3.2.1 Referensi Penelitian	29
3.3 Langkah-langkah Penelitian.....	29
3.4 Pengumpulan Data	30
3.5 Proses Pengolahan Data	31
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Curah Hujan	34
4.2 Uji Konsistensi	35
4.3 Analisa Validasi Data	39
4.3.1 Analisa Validasi Data Periode Bulanan	40
4.3.2 Analisa Validasi Data Periode 2 Mingguan	54
4.3.3 Analisa Validasi Data Periode Mingguan.....	64
4.3.4 Analisa Validasi Data Periode Harian	74
4.3.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Validasi	84
V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Data Pos Hujan	27
3.2 Referensi Penelitian	29
3.3 Data-data yang dibutuhkan	31
3.4 Tahapan Penyelesaian Studi	33
4.1 Data Hujan kumulatif tahunan Pos Curah Hujan	36
4.2 Data Hujan kumulatif tahunan TRMM	36
4.3 Uji Konsistensi Pos Hujan PH 006	37
4.4 Uji Konsistensi TRMM PH 006	37
4.5 Hasil Analisis Regresi Uji Konsistensi.....	38
4.6 Hasil Regresi Data Curah Hujan Bulanan Stasiun PH 006	44
4.7 Koreksi Data Curah Hujan TRMM Skema I.....	45
4.8 Koreksi Data Curah Hujan TRMM Skema II	45
4.9 Koreksi Data Curah Hujan TRMM Skema III	46
4.10 Hasil perhitungan Validasi periode bulanan Stasiun PH 006	47
4.11 Hasil Regresi Data Curah Hujan Bulanan stasiun PH 026.....	49
4.12 Hasil Perhitungan Validasi Periode Bulanan Stasiun PH 026	50
4.13 Hasil Regresi Data Curah Hujan Bulanan Stasiun R 219	52
4.14 Hasil Perhitungan Validasi Periode Bulanan Stasiun R 219	53
4.15 Hasil Regresi Data Curah Hujan 2 Mingguan Stasiun PH 006	56
4.16 Hasil perhitungan Validasi periode 2 Mingguan Stasiun PH 006 ...	57
4.17 Hasil Regresi Data Curah Hujan 2 Mingguan stasiun PH 026.....	59
4.18 Hasil Perhitungan Validasi Periode 2 Mingguan Stasiun PH 026 ..	60
4.19 Hasil Regresi Data Curah Hujan 2 Mingguan Stasiun R 219	62
4.20 Hasil Perhitungan Validasi Periode 2 Mingguan Stasiun R 219	63
4.21 Hasil Regresi Data Curah Hujan Mingguan Stasiun PH 006	66

4.22 Hasil perhitungan Validasi periode Mingguan Stasiun PH 006	67
4.23 Hasil Regresi Data Curah Hujan Mingguan stasiun PH 026.....	69
4.24 Hasil Perhitungan Validasi Periode Mingguan Stasiun PH 026	70
4.25 Hasil Regresi Data Curah Hujan Mingguan Stasiun R 219	72
4.26 Hasil Perhitungan Validasi Periode Mingguan Stasiun R 219	73
4.27 Hasil Regresi Data Curah Hujan Harian Stasiun PH 006	76
4.28 Hasil perhitungan Validasi periode Harian Stasiun PH 006	77
4.29 Hasil Regresi Data Curah Hujan Harian stasiun PH 026	79
4.30 Hasil Perhitungan Validasi Periode Harian Stasiun PH 026	80
4.31 Hasil Regresi Data Curah Hujan Harian Stasiun R 219	82
4.32 Hasil Perhitungan Validasi Periode Harian Stasiun R 219	83
4.33 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Validasi	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Alat Penakar Hujan Manual Tipe Observatorium	10
2.2 Alat Penakar Hujan Manual Luas permukaan 100 cm ²	10
2.3 Alat Penakar Hujan Manual Luas Permukaan 200 cm ²	10
2.4 Alat Penakar Hujan Jenis Pelampung	12
2.5 Alat Penakar Hujan Jenis Timba Jungkit	12
2.6 Orbit Satelit TRMM	14
2.7 Skema satelit TRMM dan pemindaian geometri tiga instrumen	15
2.8 Diagram Alir Algoritma TRMM	16
3.1 Peta Lokasi Penelitian	27
3.2 Peta Lokasi Penelitian (TRMM)	28
3.3 Bagan alir prosedur penelitian	30
4.1 Analisa Regresi Uji Konsistensi Pos Hujan Stasiun PH 006	37
4.2 Analisa Regresi Uji Konsistensi TRMM PH 006	38
4.3 Grafik Curah Hujan Bulanan Stasiun PH 006	40
4.4 Regresi Linier Data Curah Hujan 6 tahun periode bulanan stasiun PH 006	41
4.5 Regresi Polinomial Data Curah Hujan 6 tahun periode bulanan stasiun PH 006	42
4.6 Regresi Linier Data Curah Hujan 5 tahun periode bulanan stasiun PH 006	42
4.7 Regresi Polinomial Data Curah Hujan 5 tahun periode bulanan stasiun PH 006	43
4.8 Regresi Linier Data Curah Hujan 4 tahun periode bulanan stasiun PH 006	43

4.9	Regresi Polinomial Data Curah Hujan 4 tahun periode bulanan stasiun PH 006	44
4.10	Grafik Curah Hujan Bulanan pada Stasiun PH 006 setelah dilakukan analisa validasi	47
4.11	Grafik Curah Hujan Bulanan Stasiun PH 026	48
4.12	Grafik Curah Hujan Bulanan pada Stasiun PH 026 setelah dilakukan analisa validasi	50
4.13	Grafik Curah Hujan Bulanan Stasiun R 219	51
4.14	Grafik Curah Hujan Bulanan pada Stasiun R 219 setelah dilakukan analisa validasi.....	54
4.15	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan Stasiun PH 006	55
4.16	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan pada Stasiun PH 006 setelah dilakukan analisa validasi	57
4.17	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan Stasiun PH 026	58
4.18	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan pada Stasiun PH 026 setelah dilakukan analisa validasi	60
4.19	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan Stasiun R 219	61
4.20	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan pada Stasiun R 219 setelah dilakukan analisa validasi	64
4.21	Grafik Curah Hujan Mingguan Stasiun PH 006	65
4.22	Grafik Curah Hujan 2 Mingguan pada Stasiun PH 006 setelah dilakukan analisa validasi	67
4.23	Grafik Curah Hujan Mingguan Stasiun PH 026	68
4.24	Grafik Curah Hujan Mingguan pada Stasiun PH 026 setelah dilakukan analisa validasi	70
4.25	Grafik Curah Hujan Mingguan Stasiun R 219	71
4.26	Grafik Curah Hujan Mingguan pada Stasiun R 219 setelah dilakukan analisa validasi	74
4.27	Grafik Curah Hujan Harian Stasiun PH 006	75
4.28	Grafik Curah Hujan Harian pada Stasiun PH 006 setelah dilakukan analisa validasi.....	77
4.29	Grafik Curah Hujan Harian Stasiun PH 026	78
4.30	Grafik Curah Hujan Harian pada Stasiun PH 026 setelah dilakukan analisa validasi	80
4.31	Grafik Curah Hujan Harian Stasiun R 219	81
4.32	Grafik Curah Hujan Mingguan pada Stasiun R 219 setelah dilakukan analisa validasi	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data hujan merupakan salah satu data hidrologi yang sangat penting untuk digunakan dalam perencanaan bangunan air dan manajemen air serta proyek-proyek pengembangan sumber daya air. Data hujan biasanya merupakan hasil pencatatan data hujan harian dari suatu lokasi di dalam suatu daerah aliran sungai. Biasanya terdapat satu atau beberapa stasiun hujan dalam suatu daerah aliran sungai. Data hujan dapat dicatat dengan alat pencatat hujan manual atau alat pencatat hujan otomatis (Kurniawan, 2020).

Alat pencatat hujan otomatis mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan alat penakar hujan manual. Kelebihan tersebut adalah akurasi dan dapat diatur periode pengukurannya sedangkan alat pengukur hujan manual sangat tergantung kepada manusia yang mengoperasikannya. Kelengkapan suatu *data time series* hujan tergantung dari kontinuitas pengukuran dan kondisi alat serta faktor manusia yang mengoperasikan alat tersebut (Kurniawan, 2020). Tetapi pada dasarnya kedua jenis alat penakar hujan tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu mengukur ketebalan hujan yang terjadi pada suatu lokasi. Ketebalan hujan ini merepresentasikan

ketebalan aliran permukaan akibat hujan yang terjadi pada daerah yang bersangkutan (Kurniawan, 2020).

Data hujan berfungsi sebagai data sekunder untuk menghitung suatu besaran debit pada suatu badan air, baik itu debit rancangan maupun debit andalan. Data hujan dapat tidak dipakai apabila tersedia data debit yang mencukupi pada suatu sungai atau badan air yang lain (Perdana dan Zakaria, 2015). Tetapi apabila data debit tidak tersedia atau tidak mencukupi maka perhitungan debit harus dilakukan dengan mengalihragamkan data hujan menjadi data debit. Untuk menghitung debit diperlukan serial data hujan yang lengkap. Ketidak lengkapan data hujan dapat menyebabkan perhitungan debit yang tidak akurat atau tidak mempunyai dasar yang kuat.

Beberapa stasiun penakar hujan di Indonesia mempunyai data hujan yang cukup lengkap. Sebagian lagi pencatatannya belum cukup sempurna dan menghasilkan data yang tidak lengkap. Sebagai akibatnya banyak pekerjaan-pekerjaan perencanaan sumber daya air mengalami keterbatasan data hidrologi terutama data hujan dalam pelaksanaannya. Beberapa serial data hujan yang tidak lengkap biasanya merupakan serial data yang mengalami kehilangan data dalam skala harian, bulanan maupun tahunan. Sehingga apabila data tersebut didiskripsikan maka data tersebut tidak akan membentuk suatu serial data yang sempurna. Masalah ketidak lengkapan data hujan merupakan masalah yang sudah lama dialami oleh institusi-institusi yang berkaitan pengembangan sumber daya air di Indonesia. Tetapi untuk memperbaiki atau memvalidasi seluruh data hujan di Indonesia memerlukan

biaya dan waktu yang tidak sedikit sehingga diperlukan suatu metode untuk membantu institusi-institusi tersebut untuk mendapatkan data hujan yang baik dan lebih akurat.

1.2 Identifikasi Masalah

Stasiun-stasiun penakar hujan di Propinsi Lampung merupakan stasiun-stasiun yang mempunyai serial data curah hujan yang cukup lengkap di pulau Sumatera. Stasiun hujan yang ada di Provonsi Lampung dikelola oleh beberapa isntitusi yaitu Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung (BBWSMS) dan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Lampung. Tahun awal pencatatan data bervariasi satu dengan lainnya.

Dinas PSDA Provinsi Lampung mengelola 11 pos hujan yang tersebar di beberapa Kabupaten. Sejauh ini data – data yang terdapat pada pos hujan yang dikelola tersebut masih mempunyai beberapa kekurangan yaitu titik data hujan hilang baik harian, bulanan maupun tahunan sehingga perlu divalidasi untuk menjamin akurasi data hujan. Keakuratan data hidrologi termasuk data hujan akan sangat membantu Dinas PSDA Provinsi Lampung dalam mengelola daerah irigasi yang menjadi kewenangan Provinsi Lampung.

TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) adalah satelit yang dikembangkan dari kerjasama antara Amerika Serikat dan Jepang. Satelit ini melakukan pengamatan struktur hujan, laju dan distribusi hujan di wilayah

tropis dan subtropis agar dapat memahami iklim yang ada pada daerah tropis dan sub tropis (Braun, 2011).

Data TRMM merupakan data yang relatif lengkap yang tercatat dalam format periode jam-jaman ataupun harian. Secara logika data TRMM tidak akan berbeda jauh atau menyerupai perilaku serial data yang diambil di permukaan bumi (*ground data*) (Braun, 2011). Oleh karena itu data TRMM pada dasarnya adalah cerminan dari data hujan yang tercatat di suatu stasiun hujan atau sebaliknya. Berdasarkan kenyataan ini maka dapat ditarik suatu kesimpulan awal bahwa data hujan yang hilang dari suatu stasiun penakar hujan dapat diprediksi melalui data TRMM. Prediksi data hujan yang hilang dapat dimodelkan melalui perilaku data serial data TRMM. Oleh karena itu penelitian dalam rangka menemukan metode validasi data hidrologi dengan permodelan data TRMM adalah hal yang sangat penting dilakukan.

Dalam penelitian ini data TRMM dan data pos penakar hujan akan dibuat permodelan statistik sebagai suatu sebab dan akibat. Data pos hujan yang akan dipakai dalam permodelan statistik ini adalah data dari stasiun pos hujan dibawah pengelolaan Dinas PSDA Provinsi Lampung. Data dari stasiun hujan tersebut di percaya merupakan data yang akurat. Oleh karena itu data ini dipakai sebagai data acuan dalam melakukan permodelan statistik. Ketika permodelan yang dimaksud menghasilkan persamaan yang menggambarkan hubungan antara data TRMM dan pos hujan tersebut maka seluruh lokasi yang berada di sekitar stasiun tersebut dapat diprediksi dengan tepat.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan deskripsi diatas maka masalah di dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah model persamaan dan hasil validasi data yang dilakukan pada penelitian ini?
2. Bagaimanakah korelasi antara data TRMM dan stasiun hujan di dalam setelah dilakukan validasi ?
3. Bagaimanakah periode data curah hujan setelah di validasi pada stasiun hujan yang ditinjau ?

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah menemukan model hubungan antara data TRMM dan *ground data* yang dapat digunakan untuk memvalidasi data hujan di daerah sekitar stasiun yang dimodelkan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Melakukan analisis validasi data TRMM dengan data dari stasiun hujan yang ditinjau dalam penelitian ini, menggunakan pendekatan model regresi.
2. Mencari korelasi dan melihat perilaku pola data curah hujan antara data TRMM dengan data dari stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini.
3. Melakukan analisis periode hujan yang optimal pada stasiun hujan yang ditinjau.

1.5 Batasan masalah

Untuk lebih menajamkan maksud dan tujuan dari penelitian ini maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Data TRMM yang dipakai adalah data yang di unduh dari <https://giovanni.gsfc.nasa.gov>
2. *Data stasiun hujan* yang di jadikan sebagai objek validasi dalam penelitian ini adalah data hujan dari stasiun kelolaan Dinas PSDA Provinsi Lampung dari tahun 2013 Sampai tahun 2019 dengan jumlah 3 stasiun hujan yaitu Stasiun Hanau Berak (PH 006) dengan posisi koordinat koordinat lintang $105^{\circ} 9'25.39''E$ bujur $5^{\circ}36'40.70''S$, Stasiun Bandar Kejadian (PH 026) dengan posisi koordinat lintang $104^{\circ}33'25.34''E$ bujur $5^{\circ}28'57.21''S$ dan Stasiun Kubu Perahu (R 219) dengan posisi koordinat lintang $104^{\circ} 3'52.36''E$ bujur $4^{\circ}45'50.74''S$.
3. Periode validasi adalah periode bulanan, 2 mingguan, mingguan dan harian.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menemukan model hubungan antara data TRMM dan data pos hujan di propinsi lampung.
2. Dapat memberikan informasi kepada instansi terkait tentang akurasi data hujan yang dimilikinya.
3. Dapat menemukan metode validasi data curah hujan yang murah dan efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hujan

Hujan adalah sebuah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di permukaan. Hujan biasanya terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar (Wibowo, 2008; Perdana dan Zakaria, 2015)

Hujan adalah suatu proses fisis yang dihasilkan dari fenomena cuaca. Cuaca sendiri adalah suatu sistem yang kompleks sehingga bisa dimaklumi apabila para “modeler cuaca” atau “peramal cuaca” kadang meleset prakiraannya. Di Amerika yang sudah serba “supercanggih” di bidang meteorologi, kadang kala tetap saja mengalami kegagalan dalam meramalkan fenomena cuaca seperti hantaman Tornado, hujan badai dan sebagainya (Tukidi, 2010).

2.1.1 Curah Hujan

Curah hujan (precipitation) merupakan salah satu unsur iklim yang memiliki variasi tinggi dalam skala ruang maupun waktu sehingga sulit untuk diprediksi. Derajat kesulitan ini semakin turun setelah ditemukannya beberapa teknik analisis data hujan yang handal. Namun, teknik analisis yang handal ini sering memerlukan ketersediaan data hujan observasi yang lengkap, yaitu periode pencatatannya kontinu dan jumlah stasiun penakarnya mewakili kondisi wilayah yang diukur (Dasanto *et al.*, 2014)

Data curah hujan sangat dibutuhkan dalam suatu perencanaan bangunan air atau perhitungan kebutuhan air. Data hujan memberikan masukan langsung sebagai data utama dalam pemodelan hujan lebat, banjir, dan tanah longsor (Hong *et al.*, 2007; Medlin *et al.*, 2007; Sungmin *et al.*, 2018). Selain digunakan dalam permodelan data hujan juga dapat digunakan untuk perhitungan aplikasi yang relevan seperti sistem irigasi pertanian dan sistem drainase perkotaan (Ines dan Hansen, 2006; Villarini *et al.*, 2010; Sungmin *et al.*, 2018).

2.1.2 Pengukuran Data Hujan

Data curah dapat diperoleh dari pengukuran di permukaan bumi (*Ground Data*) atau pengukuran melalui penginderaan jauh seperti satelit dan radar. Satuan ukur untuk presipitasi adalah Inch, millimetres (volume/area), atau kg/m^2 (mass/area) untuk precipitation bentuk cair. 1

mm hujan artinya adalah ketinggian air hujan dalam radius 1 m² adalah setinggi 1 mm (Perdana dan Zakaria, 2015). Berikut adalah metode atau alat untuk mendapatkan data curah hujan

1. Alat Penakar Hujan Manual

Alat penakar hujan manual adalah alat pengukur hujan yang terdiri dari corong dan botol penampung yang berada di dalam suatu tabung silinder. Alat ini ditempatkan di tempat terbuka yang tidak dipengaruhi pohon-pohon dan gedung-gedung yang ada di sekitarnya. Air hujan yang jatuh pada corong akan tertampung di dalam tabung silinder. Dengan mengukur volume air yang tertampung dan luas corong akan dapat diketahui kedalaman hujan. Curah hujan kurang dari 0,1 mm dicatat sebagai 0,0 mm; yang harus dibedakan dengan tidak ada hujan yang dicatat dengan garis (-). Pengukuran dilakukan setiap hari. Biasanya pembacaan pada pagi hari, sehingga hujan tercatat adalah hujan yang terjadi selama satu hari sebelumnya, yang sering disebut hujan harian. Dengan alat ini tidak dapat diketahui kekerasan hujan (intensitas) hujan, durasi (lama waktu) hujan dan kapan terjadinya. (Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016)

Alat penakar hujan manual yang biasa dipakai di Indonesia adalah tipe Observatorium atau Ombrometer. Berikut adalah model dari alat penakar hujan manual tipe Observatorium atau Ombrometer :



Gambar 2.1 Alat Penakar Hujan Manual Tipe Observatorium

(Sumber : Ginting, 2014; Sumarauw et al., 2016)

Alat penakar hujan manual (*Manual Rain Gauge*) terdiri dari dua jenis, yaitu MRG dengan luas permukaan 100 cm^2 dan 200 cm^2 . Berikut adalah model dari kedua jenis tersebut :



Gambar 2.2 Alat Penakar Hujan Manual Luas permukaan 100 cm^2

(Sumber : Ginting, 2014; Sumarauw et al., 2016)



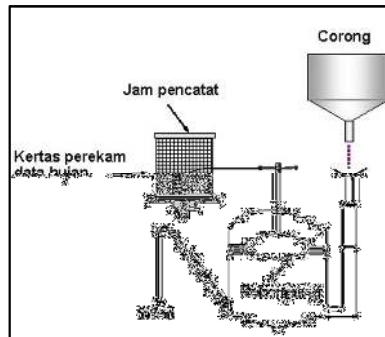
Gambar 2.3 Alat Penakar Hujan Manual Luas Permukaan 200 cm^2

(Sumber : Ginting, 2014; Sumarauw et al., 2016)

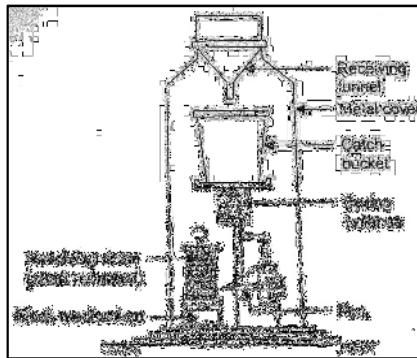
2. Alat Penakar Hujan Otomatis

Alat pengukur hujan otomatis ini mengukur hujan secara kontinyu sehingga dapat diketahui intensitas hujan dan lama waktu hujan. Ada dua macam alat penakar hujan otomatis yaitu alat penakar hujan jenis pelampung dan alat penakar hujan jenis timba jungkit. (Bambang Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016). Alat ini mengukur hujan yang jatuh masuk ke dalam tabung yang berisi pelampung. Jika muka air di dalam tabung naik, pelampung bergerak ke atas dan bersamaan dengan pelampung tersebut sebuah pena yang dihubungkan dengan pelampung melalui suatu tali penghubung juga ikut bergerak. Gerakan pena tersebut memberi tanda pada kertas grafik yang digulung pada silinder yang berputar. Jika tabung telah penuh, secara otomatis seluruh air akan melimpas keluar melalui mekanisme sifon yang dihubungkan. (Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016). Jenis lain dari alat penakar hujan otomatis adalah Alat Penakar Hujan Jenis Timba Jungkit. Alat penakar hujan ini terdiri dari silinder penampung yang dilengkapi dengan corong. Di bawah corong ditempatkan sepasang timba penakar kecil yang dipasang sedemikian rupa sehingga jika salah satu timba menerima curah hujan sebesar 0,25 mm, timba tersebut akan menjungkit dan menumpahkan isinya ke dalam tangki. Timba lainnya kemudian menggantikan tempatnya, dan kejadian serupa akan terulang. Gerakan timba mengaktifkan suatu sirkuit listrik dan menyebabkan bergeraknya pena pada lembaran kertas grafik yang terpasang pada

suatu silinder dan berputar sesuai dengan perputaran jarum jam.
(Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016)



Gambar 2.4 Alat Penakar Hujan Jenis Pelampung
(Sumber : Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016)



Gambar 2.5 Alat Penakar Hujan Jenis Timba Jungkit
(Sumber : Triatmodjo, 2008; Sumarauw *et al.*, 2016)

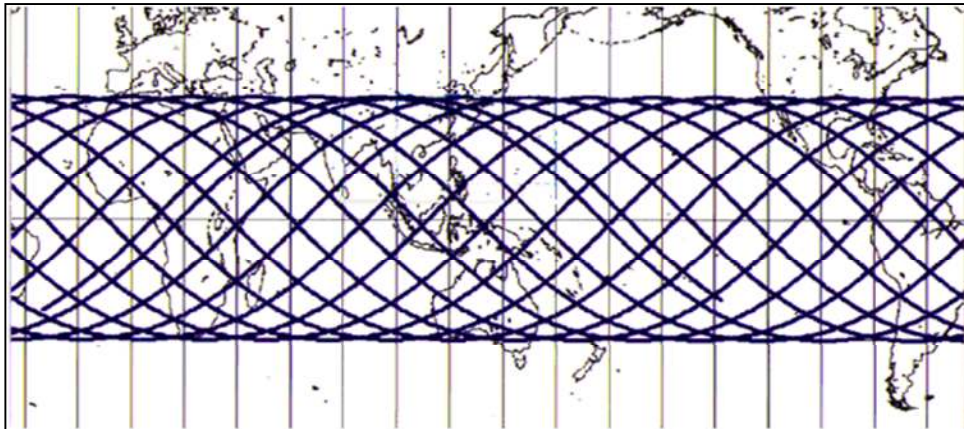
3. Penginderaan Jauh

Untuk mendapatkan data curah hujan baik itu data hujan harian atau per satuan waktu dapat juga menggunakan alat penginderaan jauh seperti satelit. Satelit sudah banyak dikembangkan di beberapa negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang. Dengan adanya satelit pemantau data curah hujan selain dapat untuk memperoleh data hujan juga dapat berguna sebagai data pembanding dengan curah hujan yang didapatkan di permukaan bumi (*Ground Data*). Kelemahan alat pengukur curah

dengan pengideraan jauh ini adalah pengukuran curah hujan bukan berdasarkan dari titik hujan yang jatuh di permukaan bumi melainkan hujan yang masih berada di angkasa atau masih dalam berbentuk awan hujan.

2.2 *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*

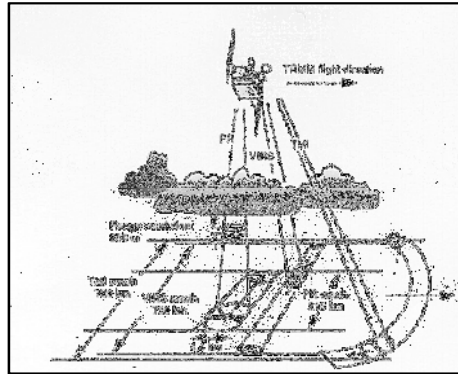
Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) adalah proyek bersama antara NASA dan badan antariksa Jepang, JAXA. Yang diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 dan terus memberikan komunitas riset dan operasional informasi curah hujan yang unik dari luar angkasa hingga tahun 2011. Penggunaan pertama kali dari kedua instrumen gelombang mikro aktif dan pasif, dengan orbit inklinasi rendah (35°) membuat TRMM menjadi satelit terdepan di dunia untuk studi curah hujan dan proses iklim di daerah tropis. (Braun, 2011). Satelit TRMM pertama kali diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 di Jepang dan dibawa oleh roket H-II di pusat stasiun peluncuran roket milik JAXA di Tanegashima-Jepang, berorbit polar (*non-sun-synchronous*) dengan sudut inklinasi sebesar 35° terhadap ekuator, berada pada ketinggian orbit 350 km (pada saat-saat awal diluncurkan), dan diubah ketinggian orbitnya menjadi 403 km sejak 24 Agustus 2001 sampai sekarang. Pengoperasian satelit TRMM pada ketinggian orbit 403 km ini dikenal dengan istilah TRMM *boost* (Yoga Patria *et al*, 2019)



Gambar 2.6 Orbit Satelit TRMM
 Sumber: Pakoksung, 2012 ; Yoga Patria *et al.*,2019

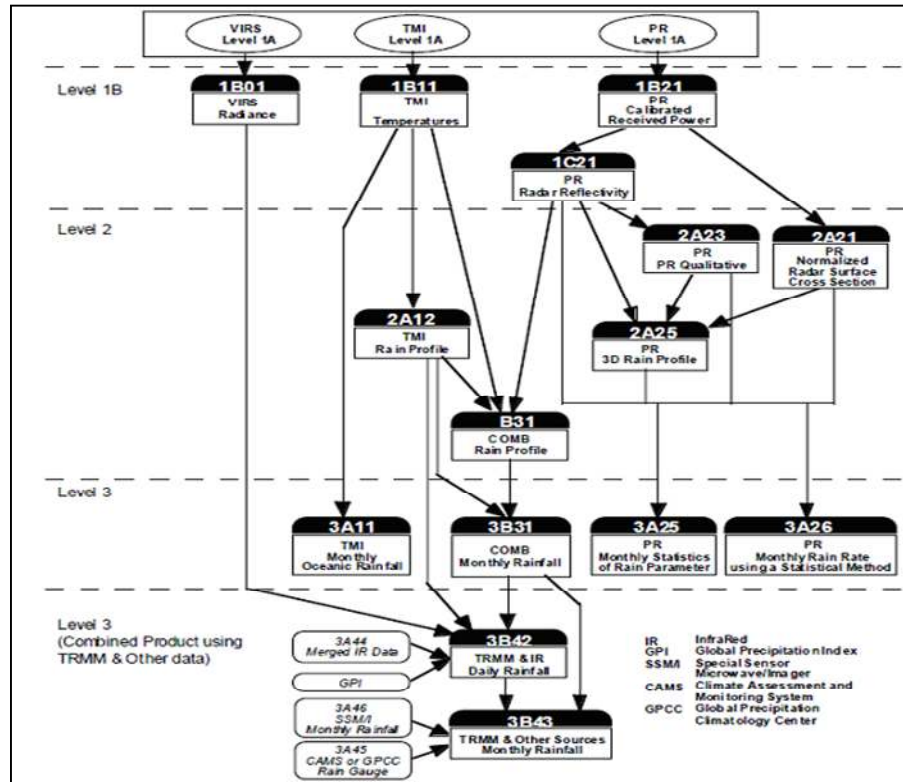
Data TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi TRMM dengan sensornya PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), dan VIRS (*Visible and Infrared Scanner*) (Syarifullah, 2014). Karakteristik umum sensor-sensor satelit TRMM dapat diungkapkan sebagai berikut. Pertama, sensor VIRS terdiri dari 5 kanal, masing-masing pada panjang gelombang 0,63; 1,6; 3,75, 10,8 dan 12 μm . Sensor VIRS ini terutama digunakan untuk pemantauan liputan awan, jenis awan dan temperatur puncak awan. Resolusi spasial dari data yang dihasilkan oleh sensor VIRS ini adalah 2,2 km. Sensor TMI merupakan suatu *multichannel passive microwave radiometer* yang beroperasi pada 5 frekuensi yaitu 10,65; 19,35; 37,0; dan 85,5 GHz polarisasi ganda dan pada 22,235 GHz polarisasi tunggal. Dari sensor TMI ini dapat diekstraksi data-data untuk air cair dalam awan, es awan, intensitas hujan dan tipe hujan. Sensor ke tiga adalah sensor PR. Sensor PR ini merupakan sensor radar untuk pemantauan presipitasi yang pertama di antariksa. Sensor PR ini bekerja pada frekuensi 13,8 GHz untuk mengukur distribusi presipitasi secara 3 dimensi, baik untuk

presipitasi di atas daratan maupun di atas lautan; serta untuk menentukan kedalaman lapisan presipitasi. (Syaifullah, 2014)



Gambar 2.7 Skema satelit TRMM dan pemindaian geometri tiga instrumen
(Sumber : Braun, 2011)

Data hujan yang dihasilkan oleh TRMM memiliki tipe dan bentuk yang cukup beragam yang dimulai dari level 1 sampai level 3. Level 1 merupakan data yang masih dalam bentuk raw dan telah dikalibrasi dan dikoreksi geometrik, Level 2 merupakan data yang telah memiliki gambaran parameter geofisik hujan pada resolusi spasial yang sama akan tetapi masih dalam kondisi asli keadaan hujan saat satelit tersebut melewati daerah yang direkam, sedangkan level 3 merupakan data yang telah memiliki nilai-nilai hujan, khususnya kondisi hujan bulanan yang merupakan penggabungan dari kondisi hujan dari level 2 (Feidas, 2010; Syaifullah, 2014) Untuk mendapatkan data hujan dalam bentuk mili meter (mm) sebaiknya menggunakan level 3, dengan resolusi spasial $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ dan resolusi temporal setiap 3 jam (Syaifullah, 2014)



Gambar 2.8 Diagram Alir Algoritma TRMM

(Sumber : Norman, 2012)

Gambar 2.8 merupakan diagram alir algoritma TRMM untuk mendapatkan level dan tipe data tertentu, termasuk input data dan outputnya. Pada hasil akhirnya nanti, beberapa data dari hasil analisis beberapa satelit meteorologi dikombinasikan untuk memproduksi data hujan (presipitasi) yang disebut dengan produk TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) yang memiliki tingkat keakurasian data lebih baik dari data-data aslinya. Data TRMM level 3 (3B42RT) yang berbentuk presipitasi harian telah tersedia secara archive di situs NASA dan dapat diunduh dengan fasilitas ftp di : <ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/3B42RT/> [8]. Data TRMM level 3 yaitu 3B42RT ini biasa lebih dikenal dengan TRMM Giovanni yang dapat diakses melalui <https://giovanni.gsfc.nasa.gov>.

2.3 Analisa Kesesuaian Metode

2.3.1 Kalibrasi

Kalibrasi terhadap satu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi. Metode kalibrasi yang banyak digunakan untuk pemodelan hidrologi berupa metode coba-coba dengan alasan proses perhitungan yang relatif sederhana. Perbedaan cara kalibrasi terletak pada pemakaian teknologi yang digunakan, misalnya menggunakan perhitungan komputer yang dapat melakukan perhitungan algoritma dengan cepat dan akurat (Indarto, 2012)

Suatu analisis yang membahas hubungan antara dua variabel atau lebih disebut dengan analisis regresi. Apabila dalam analisis regresi telah dapat ditentukan model persamaan matematik yang cocok, persoalan berikutnya adalah menentukan berapa kuat hubungan anatara variabel-variabel tersebut. Dengan kata lain, harus ditentukan derajat hubungan atau derajat asosiasi dalam analisis regresi. Suatu analisis yang membahas tentang derajat asosiasi dalam analisis regresi disebut dengan analisis korelasi. Derajat hubungan tersebut biasanya dinyatakan secara kuantitatif sebagai koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi yang tinggi tidak berarti menunjukkan kesamaan kejadian fenomena hidrologi (*Hydrological similarity*) akan tetapi lebih kepada menunjukkan kesamaan waktu kejadian atau keserempakan kejadian

fenomena hidrologi (*Simultaneity of hydrological events*) (Soewarno, 2015).

Apabila setiap pasangan data yang digambarkan pada kertas grafik, akan diperoleh serangkaian titik-titik koordinat yang menghubungkan kedua hasil pengukuran kedua data fenomena hidrologi tersebut. Penggambaran data tersebut dinamakan dengan diagram pencar (*scatter plot diagram*) atau diagram titik (*dot diagram*) (Soewarno, 2015,).

Model yang sangat banyak digunakan dalam analisis hidrologi adalah analisis regresi. Analisis regresi merupakan persamaan yang menghubungkan dua (atau lebih) variabel. Persamaan ini memberikan distribusi frekuensi dari satu variabel, apabila variabel lain ditetapkan dalam satu nilai tertentu atau dapat digunakan untuk memperkirakan nilai suatu variabel bila nilai variabel lain diketahui. Derajat asosiasi (*association level*) sampel dari dua (atau lebih) variabel dinyatakan dalam koefisien korelasi (*correlation coefficient*). (Harto, 2009).

Pengolahan data dengan komputer akan menghasilkan persamaan regresi linier dari kedua variabel yang dibandingkan, dan kemudian dapat digunakan sebagai persamaan koreksi. Koherensi dari suatu kalibrasi dapat dilihat dari hasil *scatter-plot*.

Beberapa alternatif analisis persamaan regresi yang pada umumnya digunakan dalam analisis data hidrologi diantaranya adalah model regresi (Soewarno, 2015):

1. Regresi Linear Sederhana (*Linear Regression*)
2. Regresi Eksponensial (*Exponential Regression*)
3. Regresi Logaritma (*Logarithmic Regression*)
4. Regresi Polinomial (*Polynomial Regression*)
5. Regresi Berpangkat (*Power Regression*)

2.3.1.1 Regresi Linear (*Linear Regression*)

Rumus yang digunakan dalam regresi linier adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\hat{Y} = a_1X + b_1 \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\hat{X} = a_2Y + b_2 \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan:

\hat{Y} = persamaan garis lurus Y atas X

\hat{X} = persamaan garis lurus X atas Y

a_1, a_2 = koefisien regresi merupakan koefisien arah dari garis regresi.

b_1, b_2 = koefisien yang merupakan titik potong dari garis regresi.

Besarnya nilai dari koefisien determinasi (*determination coefficient*),

yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran Y_i dan

varian dari nilai pada garis persamaan regresi untuk nilai X_i adalah

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left[\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

R = Koefisien Korelasi

X_i = Data X

Y_i = Data Y

\bar{X} = Rerata dari data X

\bar{Y} = Rerata dari data Y

2.3.1.2 Model Regresi Eksponensial (*Exponential Regression*)

Rumus yang digunakan dalam metode regresi eksponensial adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\hat{Y} = be^{ax} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:

\hat{Y} = regresi eksponensial Y terhadap X, merupakan variabel tak bebas

X = variabel bebas

a, b = nilai parameter-parameter yang digunakan

e = bilangan pokok logaritma asli atau logaritma Napier = 2,7183

Besarnya nilai dari koefisien determinasi (*determination coefficient*),

yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran P_i dan

varian dari nilai pada garis persamaan regresi untuk nilai X_i adalah:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(P_i - \bar{P})}{\left[\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan:

R = Koefisien Korelasi

X_i = Data X

P_i = Data P

\bar{X} = Rerata dari data X

\bar{P} = Rerata dari data P

2.3.1.3 Regresi Logaritmik (*Logarithmic Regression*)

Rumus yang digunakan pada metode regresi logaritmik adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\hat{Y} = b + a \log X \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan:

\hat{Y} = regresi logaritmik Y terhadap X

X = variabel bebas, harus lebih besar dari nilai nol

a, b = nilai parameter-parameter yang digunakan

Besarnya nilai dari koefisien determinasi (*determination coeficient*), yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran q_i dan varian dari nilai pada garis persamaan regresi untuk nilai X_i adalah:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(q_i - \bar{q})}{[\{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2\} \{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2\}]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan:

R = Koefisien Korelasi

X_i = Data X

q_i = Data q

\bar{X} = Rerata dari data X

\bar{q} = Rerata dari data q

2.3.1.4 Regresi Polinomial (*Polynomial Regression*)

Rumus yang digunakan pada regresi Polinomial adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 + \dots + b_mX^m \dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan:

\hat{Y} = regresi eksponensial Y terhadap X

X = variabel bebas

b = nilai parameter-parameter yang digunakan

2.3.1.5 Regresi Berpangkat (*Power Regression*)

Rumus yang digunakan pada metode regresi berpangkat adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\hat{Y} = bX^a \dots\dots\dots (2-9)$$

Keterangan:

\hat{Y} = regresi eksponensial Y terhadap X, merupakan variabel tak bebas

X = variabel bebas

a, b = nilai parameter-parameter yang digunakan

Besarnya nilai dari koefisien determinasi (*determination coefficient*), yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran Y_i dan varian dari nilai pada garis persamaan regresi untuk nilai X_i adalah:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(P_i - \bar{P})}{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2-10)$$

Keterangan:

R = Koefisien Korelasi

X_i = Data X

P_i = Data P

\bar{X} = Rerata dari data X

\bar{P} = Rerata dari data P

2.3.2 Verifikasi

Verifikasi model menurut *Pechlivanidis, et al* (2011) merupakan suatu proses setelah tahap kalibrasi selesai dilakukan yang berfungsi untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Kinerja model biasanya lebih baik selama periode kalibrasi dibandingkan dengan verifikasi, fenomena seperti ini disebut dengan divergensi model.

Verifikasi data ini dapat dilakukan dengan cara sederhana seperti analisis kalibrasi yang sebelumnya dilakukan berupa *scatter-plot*. Hasil *scatter-plot* berupa suatu nilai korelasi yang menunjukkan eratnya hubungan antar model.

Besarnya koefisien korelasi, yang menunjukkan derajat hubungan antara variabel X_i dan Y_i , ialah:

$$R = [(a_1) (a_2)]^{1/2} \dots\dots\dots (2-11)$$

Besarnya koefisien penentu atau koefisien determinasi (*determination coefficient*), yang menunjukkan perbedaan varian dari data pengukuran Y_i dan varian dari nilai pada garis persamaan regresi untuk nilai Z_i adalah:

$$R^2 = (a_1) (a_2) \dots\dots\dots (2-12)$$

Untuk persamaan regresi Y terhadap X, nilai R^2 dapat pula dihitung dengan :

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (2-13)$$

Keterangan:

\hat{Y} = persamaan garis lurus Y atas X

\bar{Y} = rerata persamaan garis lurus Y atas X

R = nilai koefisien korelasi

a_1, a_2 = koefisien regresi merupakan koefisien arah dari garis regresi.

b_1, b_2 = koefisien yang merupakan titik potong dari garis regresi.

2.3.3 Validasi Data

Validasi (*validation*) adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Pada umumnya validasi dilakukan dengan menggunakan data, diluar periode data yang digunakan untuk kalibrasi (Indarto, 2012). Adapun beberapa metode validasi yang digunakan dalam studi ini, yaitu :

2.3.3.1 Root Squared Error (RMSE)

Indikator yang dibutuhkan pada metode ini ialah berupa kesalahan yang didasarkan pada total kuadratis dari simpangan antara hasil model dengan observasi yang dapat didefinisikan sebagai persamaan berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2-14)$$

Keterangan:

Y_i = data observasi (data sebenarnya)

\hat{Y}_i = data perkiraan (data hasil estimasi)

n = jumlah data

2.3.3.2 Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi adalah suatu analisis yang membahas tentang derajat asosiasi dalam analisis regresi yang memiliki hubungan sebab akibat. Nilai Koefisien Korelasi berkisar antara $0,0 \leq r \leq 1,0$. Dalam analisis hidrologi, hubungan antara fenomena berdasarkan nilai koefisien korelasi dapat dinyatakan sebagai berikut (Yoga Patria et al.,2019) :

- a. $0,00 < r < 0,19$: Sangat rendah
- b. $0,20 < r < 0,39$: Rendah
- c. $0,40 < r < 0,59$: Sedang
- d. $0,60 < r < 0,79$: Kuat
- e. $0,80 < r < 1,00$: Sangat Kuat

Besarnya koefisien korelasi yang menunjukkan derajat hubungan antara variable X dan Y dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2) \times (n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \dots\dots\dots (2-18)$$

Keterangan:

\bar{x} = rerata dari X_i

\bar{y} = rerata dari Y_i

n = jumlah data

2.3.3.3 Kesalahan Relatif (KR)

Kesalahan relatif digunakan untuk memperoleh keyakinan terhadap hasil dari nilai permodelan dengan menghitung prosentase perbedaan antara hasil permodelan dengan hasil dari pengamatan. Dalam penentuan kesalahan relatif dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$K_r = \left(\frac{X_a - X_b}{X_a} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2-19)$$

Keterangan:

K_r = kesalahan relatif (%)

X_a = nilai dari pengamatan (mm/hari)

X_b = nilai dari hasil permodelan (mm/hari)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini ada tiga pos hujan yang digunakan sebagai acuan data hujan. Data Pos hujan yang dipakai adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Data Pos Hujan

No	Nama Stasiun	Lokasi	Koordinat
1	PH 006	Kec. Padang Cermin, Desa Hanau Berak	Longitude : 105° 9'25.39"E Latitude : 5°36'40.70"S
2	PH 026	Kec. Wonosobo, Desa Bandar Kejadian	Longitude : 104°33'25.34"E Latitude : 5°28'57.21"S
3	R 219	Kec. Balik Bukit, Desa Kubu Perahu	Longitude : 104° 3'52.36"E Latitude : 4°45'50.74"S

Sumber : Dinas PSDA Provinsi Lampung



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Earth)



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian (TRMM)

(Sumber : <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>)

3.2 Studi Literatur

Kegiatan studi literatur yang dilakukan akan meliputi kegiatan-kegiatan pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, dan mengelola bahan-bahan penelitian dengan tujuan mencari rujukan yang akan digunakan untuk memperkuat argumentasi-argumentasi yang ditemukan dalam penelitian. Studi literatur yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, laporan proyek, jurnal, peta dan dokumen-dokumen yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian. Contoh dokumen-dokumen yang akan dicari dalam penelitian ini adalah titik koordinat stasiun hujan, data hujan Stasiun hujan dan data hujan TRMM.

3.2.1 Referensi Penelitian

Di dalam penelitian ini untuk melakukan analisis perlu ada referensi dari penelitian yang sudah dilakukan dengan metode ataupun pola penelitian yang serupa. Baik dalam langkah atau cara penyelesaian analisa. Berikut adalah daftar penelitian yang menjadi referensi penelitian ini :

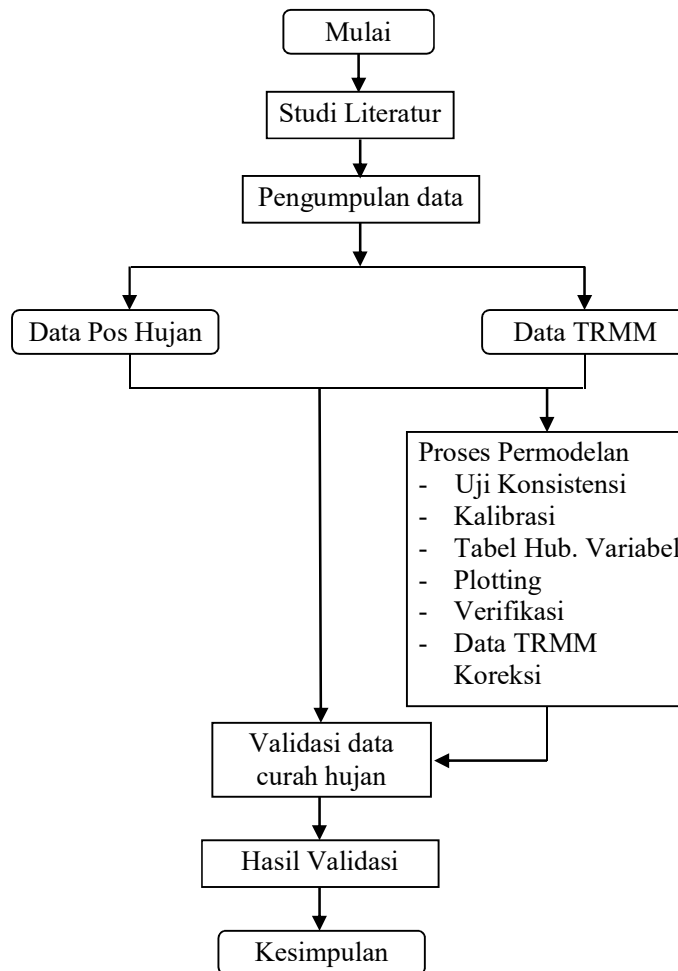
Tabel 3.2 Referensi Penelitian

No	Judul	Nama	Publikasi	Tahun
1	Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga DAS Di Indonesia	Syaifullah M. Djazim	Jurnal Meteorologi Dan Geofisika	2014
2	Verifikasi Data Estimasi Curah Hujan dari Satelit TRMM dan Pos Pengamatan Hujan BMKG di Sulawesi Utara	Yosevina Nugrahenny Nugroho	FMIPA UNSRAT	2014
3	Permodelan Hubungan Antara Hujan Dengan Debit (Inflow) Pada Waduk Way Rarem Dengan Menggunakan Data Curah Hujan Trmm (Tropical Rainfall Measuring Mission)	I Nyoman Yoga Patria	Teknik Pengairan UNIBRAW	2019

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Jika dilihat dari segi penggunaan hasilnya, maka penelitian yang akan dilaksanakan ini dapat dikategorikan sebagai penelitian terapan karena bertujuan menerapkan, menguji dan mengevaluasi kemampuan suatu hal atau suatu teori untuk memecahkan masalah-masalah praktis. Sedangkan dari segi metodenya, penelitian ini adalah penelitian evaluasi, artinya penelitian ini

diharapkan mampu menciptakan suatu masukan atau input untuk mendukung atau memperbaiki suatu teori atau suatu keadaan. Adapun prosedur penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir berikut :



Gambar 3.3 Bagan alir prosedur penelitian

3.4 Pengumpulan Data

Dalam subjek penelitian ini dibutuhkan beberapa data – data untuk pelaksanaan penelitian ini. Berbagai macam jenis data – data yang diperlukan dalam penelitian dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data

sekunder. Data yang digunakan dalam subjek penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Data-data yang dibutuhkan

No.	Data yang Dibutuhkan	Jenis Data	Sumber	Keterangan
1.	Data koordinat stasiun pencatat curah hujan	Sekunder	Pengamatan yang dilakukan secara langsung	Mengetahui lokasi stasiun pencatat curah hujan dan pos duga air yang akan dikelola.
2.	Data curah hujan harian selama 7 tahun	Sekunder	Dinas Pengelolaan Sumber Daya Sumber Daya Air Provinsi Lampung	Sumber data analisis validasi dengan data curah hujan.
3.	Data curah hujan TRMM periode harian (TRMM_3B42RT v7)	Sekunder	<i>Website</i> resmi NASA yang dapat diakses pada https://giovanni.gsfc.nasa.gov	Sumber data satelit yang akan dianalisis dan divalidasi.

3.5 Proses Pengolahan Data

Dalam penelitian ini untuk pengolahan data mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana data hujan TRMM akan diolah sedemikian hingga dapat meniru atau mempresentasikan data pos hujan yang dalam hal ini diwakili oleh data hujan dari stasiun-stasiun yang dikelola oleh Dinas PSDA Provinsi Lampung. Model yang dihasilkan akan berupa persamaan hubungan variable yang terdiri dari data pos hujan sebagai

variable independen dan data hujan TRMM sebagai variable dependen. Setelah didapatkan suatu persamaan, maka persamaan tersebut akan dipakai untuk memvalidasi data hujan di pos hujan setempat. Dari proses validasi yang dilakukan maka dapat terlihat apakah data TRMM dapat digunakan pada lokasi yang ditentukan. Untuk memperoleh data TRMM dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

1. *Log-in* melalui <https://urs.earthdata.nasa.gov/home> .
2. Hasil *log-in* melalui akun *EARTHDATA*
3. Kemudian masuk kembali dengan menambah tab ke <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
4. Mendownload data TRMM, dengan langkah mengisi pilihan setting data sebagai berikut:
 - a) *Select Plot*, untuk memilih dan menentukan jenis data yang dibutuhkan
 - b) *Select date range* (UTC), untuk menentukan batas atau rentang waktu yang dibutuhkan
 - c) *Select Region (Bounding Box or Shape)*, untuk memilih luasan daerah curah hujan yang dibutuhkan
 - d) *Select Variabel*, untuk memilih data yang ingin diperoleh, dalam hal ini tuliskan TRMM sebagai kata kunci, kemudian pilih data TRMM yang dibutuhkan.
 - e) *Plot Data*, digunakan untuk memproses data yang akan diunduh
 - f) Pemrosesan data yang telah berhasil didownload kemudian dapat diperoleh dengan klik kiri pada link data yang telah ditampilkan

pada pilihan “*download*” kemudian akan diperoleh hasil data dengan format Ms.Excel.

Setelah melengkapi data-data yang sesuai dengan tujuan penelitian ini, tahapan penyelesaian tersaji pada table berikut ini :

Tabel 3.4 Tahapan Penyelesaian Studi

No	Tahapan Studi	Metode yang digunakan	Data yang digunakan	Tujuan dan Hasil
1.	Kalibrasi data (harian, mingguan, 2 mingguan dan bulanan)	<i>Scatter plot</i>	Curah hujan pos stasiun dan TRMM 6 tahun (2013-2018), 5 tahun dan 4 tahun	Hasil dari perhitungan analisis ini adalah hubungan antara kedua variable uji serta memperoleh koefisien kalibrasi berupa persamaan, melalui scatterplot untuk koreksi TRMM. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh nilai koefisien determinan.
2.	Verifikasi	<i>Scatter plot</i>	Curah hujan pos stasiun dan TRMM 1 tahun (2019), 2 tahun dan 3 tahun	Analisis ini dilakukan dengan memasukkan persamaan ke dalam nilai TRMM
3.	Validasi data curah hujan pos stasiun penakar hujan dan TRMM	- RMSE - Koefisien Korelasi (R) - Kesalahan Relatif (KR)	Curah hujan pos stasiun dan TRMM (data koreksi)	Memperoleh hasil validasi dari perbandingan antara model curah hujan TRMM terkoreksi dengan curah hujan pada pos stasiun penakar hujan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dalam penelitian ini yaitu tentang perhitungan validasi data terhadap curah hujan TRMM dengan data curah hujan pos stasiun penakar hujan, diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Model persamaan yang didapatkan dari hasil regresi kedua data curah hujan. Dalam penelitian ini digunakan dua model regresi yaitu regresi linier dan regresi polinomial. Nilai koefisien determinan terbesar akan dipilih sebagai model persamaan pada tahapan validasi data. Model persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

- Pada periode bulanan memiliki nilai $0,393x + 62,565$ untuk stasiun PH 006, $-0.0003x^2 + 0.3521x + 183.34$ untuk stasiun PH 026 dan $-0.0007x^2 + 0.5211x + 14.167$ untuk stasiun R 219
- Pada periode dua mingguan memiliki nilai $-0.0015x^2 + 0.6096x + 29.451$ untuk stasiun PH 006, $0,0002x^2 + 0,252x + 89,751$ untuk stasiun PH 026 dan $-0,0005x^2 + 0,3308x + 15,701$ untuk stasiun R 219
- Pada periode mingguan memiliki nilai persamaan $-0,0011x^2 + 0,4651x + 16,367$ untuk stasiun PH 006, $-0,0013x^2 + 0,6325x + 33,462$ untuk stasiun PH 026 dan $-0,0006x^2 + 0,2721x + 10,411$ untuk stasiun R 219

- Pada periode harian memiliki nilai $2E-06x^2 - 0.0052x + 5.9397$ untuk stasiun PH 006, $-0,0018x^2 + 0,2287x + 5,9362$ untuk stasiun PH 026 dan $-0,001x^2 + 0,1015x + 2,4495$ untuk stasiun R 219
2. Nilai koefisien korelasi antara data curah hujan TRMM dan data curah hujan pos penakar akan lebih baik dilakukan pada periode atau menggunakan data bulanan. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan di mana nilai korelasi bulanan memiliki hasil hubungan yang lebih kuat dibandingkan periode dua mingguan, mingguan dan harian. Untuk hasil koefisien korelasi antara data curah hujan TRMM dan Pos Penakar yang memiliki hubungan yang sangat kuat terdapat pada stasiun PH 026 periode bulanan.
 3. Dari hasil penelitian ini pada periode bulanan, dua mingguan dan mingguan data curah hujan TRMM yang menjadi objek validasi pada setiap stasiun memiliki pola yang sudah dapat dikatakan mengikuti pola curah hujan pos penakar meskipun nilainya masih di bawah nilai korelasi yang mempunyai hubungan kuat. Untuk periode harian pola data curah hujan TRMM yang tervalidasi masih belum dapat dikatakan mengikuti pola curah hujan pos penakar

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil validasi dengan nilai korelasi dan pola hujan yang memiliki hubungan yang kuat maka data yang sebaiknya digunakan

adalah data curah hujan yang berada pada suatu batasan wilayah seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan perhitungan statistik yang lebih tepat.

2. Untuk penelitian yang dilakukan selanjutnya maka dibutuhkan ketelitian yang lebih baik dalam pengambilan data curah hujan TRMM dan pada pengambilan data curah hujan pada pos penakar perlu dilakukan koordinasi dengan dinas terkait sebagai pemilik data tentang kelayakan dan kondisi alat penakar hujan pada stasiun hujan yang akan dilakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasanto, D.B; Boer, R; Pramudya, B & Suharnoto, Y. (2014). *Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik.*, Bogor: Departemen Geofisika, Fakultas Matematika, Institut Pertanian Bogor, Jurnal Tanah Dan Iklim 38: 15–24.
- Harto, S. (2010). *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian.* Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Indarto. (2012). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi.* Jember: Bumi Aksara
- Kurniawan, A. (2020). *Evaluasi Pengukuran Curah Hujan Antara Hasil Pengukuran Permukaan (AWS, HELLMAN, OBS) dan Hasil Estimasi (Citra Satelit=GSMaP) Di Stasiun Klimatologi Mlati Tahun 2018* Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL) Vol. 4, Yogyakarta.
- Norman. (2012). *Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM: Data Products and Usage.* Nasa Remote Sensing Training
- Pakoksung; Kwanchai. (2001). *Satellite Data Application for Flood Simulation.* <https://www.researchgate.net/figure/TRMM-Orbit-NASDA-2001>. (Diakses pada 14 September 2018).
- Patria, I.N.Y; Suhartanto, E & Susilo, G.E. (2019). *Permodelan Hubungan Antara Hujan Dengan Debit (Inflow) Pada Waduk Way Rarem Dengan Menggunakan Data Curah Hujan Trmm (Tropical Rainfall Measuring Mission)* Skripsi, Teknik Pengairan UNIBRAW, Malang.
- Pechlivanidis, I.G; Jackson, B.M; McIntyre, N.R & Wheeler, H.S. (2011). *Catchment Scale Hydrological Modelling: A Review of Model Types, Calibration Approaches and Uncertainty Analysis Methods in the Context of Recent Developments in Technology and Applications.* *Global Nest Journal.* 13: 193–214.
- Perdana; Adi, D & Zakaria, A. (2015). *Studi Pemodelan Curah Hujan Sintetik Dari Beberapa Stasiun Di Wilayah Pringsewu.* Bandar Lampung:JRSDD Vol. 3, No. 1 hal 45–56.

- Proposal S R. (2011). *Tropical Rainfall Measuring Mission*.
- Soewarno. (2015). *Analisis Data Hidrologi Menggunakan Metode Statistika dan Stokastik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Petonengan, A; Sumarauw, J.S.F & Wuisan, E.M. (2016). *Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Di Das Tondano Bagian Hulu*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1. (21-28) ISSN: 2337-6732
- O, Sungmin; Foelsche, U; Kirchengast, G & Fuchsberger, J. (2018). *Validation and Correction of Rainfall Data from the WegenerNet High Density Network in Southeast Austria*. Journal of Hydrology 556., 2018: 1110–22.
- Syaifullah, M.D. (2014). *Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual Di Tiga DAS Di Indonesia*. Jurnal Meteorologi Dan Geofisika, vol. 15, no. 2, pp. 109–18.
- Tukidi. (2010). *Karakter curah hujan di indonesia*. Semarang: FIS UNNES Jurnal Geografi.