

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Curah hujan, yang didefinisikan sebagai air yang terkondensasi dan terakumulasi dalam bentuk cair di permukaan bumi merupakan komponen kunci dalam siklus hidrologi, mempengaruhi secara langsung dalam pengelolaan kuantitas air, menjamin stabilitas pangan, dan memahami pola dari kejadian bencana berbasis air. Dalam konteks disiplin Teknik Sipil, data curah hujan bukan sekadar informasi meteorologis, melainkan variabel penting yang secara langsung mempengaruhi perencanaan, desain, dan keamanan infrastruktur. Data ini menjadi input utama yang tidak tergantikan dalam perhitungan debit banjir rencana, perancangan sistem drainase perkotaan, analisis Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF), dan studi risiko hidrologi (Robinson & Ward, 2017)

Automatic Weather Station (AWS) adalah stasiun pengamatan cuaca otomatis yang secara kontiniu mencatat serta mengirimkan data meteorologi, termasuk curah hujan, secara *real-time* dan langsung pada permukaan bumi. Fungsi utamanya adalah menyediakan data yang andal dan akurat di lokasi titik pengukuran, bertindak sebagai *ground truth* yang vital. Data *Automatic Weather Station (AWS)* di dataran rendah, dalam hal ini di wilayah Khatib Sulaiman BKSDA dan didataran tinggi dalam hal ini menggunakan data acuan di RS UNAND, menjadi data pembanding yang kredibel dikarenakan *Automatic Weather Station (AWS)* adalah sistem pengamatan meteorologi yang berfungsi secara otomatis dan kontiniu, merekam serta mentransmisikan data, termasuk curah hujan, secara *real-time* langsung dari permukaan bumi. Keunggulan utama adalah operasionalnya yang tanpa henti selama 24 jam sehari. Pengamatan yang terus-menerus ini secara efektif mengeliminasi adanya data yang kosong (*data gaps*), menghasilkan kumpulan data meteorologi dengan tingkat akurasi dan konsistensi tinggi. Oleh karena itu, data AWS menjadi data pembanding (*ground truth*) yang kredibel dan vital untuk memvalidasi serta memverifikasi keandalan data dari sumber lain, seperti data hasil penginderaan jauh.

Namun, meskipun keandalannya terjamin dan bersifat instan untuk aplikasi *real-time*, AWS memiliki keterbatasan signifikan, mencakup instalasi perangkat dan pemeliharaan yang tinggi. Salah satu kendala utama terletak pada biaya awal pemasangan (*capital expenditure*) yang tergolong tinggi, mengingat AWS memerlukan sensor presisi, *data logger*, dan instalasi infrastruktur pendukung yang memadai. Selain itu, biaya pemeliharaan operasional

(*operational expenditure*) juga cenderung tinggi dan berkelanjutan, termasuk kebutuhan kalibrasi rutin, penggantian suku cadang yang aus, dan perawatan *site*. Dari sisi teknis, operasional AWS rentan terhadap kegagalan sistem, seperti putusnya koneksi transmisi data (terutama di wilayah dengan sinyal komunikasi yang tidak stabil) atau kerusakan sensor akibat arus pendek (terutama saat terjadi sambaran petir atau fluktuasi daya). Kegagalan teknis semacam ini, meskipun jarang, dapat mengakibatkan hilangnya data secara temporer, yang berpotensi memengaruhi integritas rekaman data jangka panjang.

Satelit Precipitation Products (SPPs) adalah estimasi curah hujan di permukaan bumi yang didapatkan melalui sintesis data dari sensor satelit, yang umumnya menggabungkan data inframerah (IR) dan gelombang mikro (MW), untuk menghasilkan cakupan spasial dan temporal yang homogen, krusial bagi wilayah dengan keterbatasan stasiun darat. Terdapat berbagai produk SPPs global yang sering digunakan, antara lain Global Precipitation Measurement (GPM) sebagai penerus TRMM yang dikenal karena akurasi yang tinggi, PERSIANN yang menggunakan *Artificial Neural Networks* untuk estimasi, dan CMORPH yang memanfaatkan teknik Pencitraan Presipitasi. Meskipun beragam, seluruh produk SPPs memiliki keterbatasan berupa bias sistematis dan memerlukan validasi ekstensif menggunakan data pengukuran lapangan yang akurat, seperti data *Automatic Weather Station* (AWS), melalui metode perbandingan Point-to-Pixel untuk menjamin reliabilitasnya dalam pemodelan hidrologi dan analisis iklim.

Misi Global Precipitation Measurement (GPM), yang dipimpin oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), merupakan terobosan utama dengan tujuan tidak hanya mengukur curah hujan intens, tetapi juga curah hujan ringan dan salju, melalui fusi data sensor gelombang mikro (*passive microwave*) dan radar presipitasi (DPR) (Huffman dkk., 2020). Produk unggulannya, *Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM* (IMERG), telah mencapai versi penyempurnaan yang berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan produk GPM_3IMERGHH V07, yang memiliki resolusi spasial $0,1^0 \times 0,1^0$. Keunggulan teknis ini menjadikan GPM IMERG V07 sebagai sumber data potensial untuk analisis hidrologi di daerah dengan kondisi iklim lokal (suhu, kelembapan, angin) dapat berubah dengan cepat dan datanya sulit didapatkan atau tidak tersedia secara rinci.

Namun, data satelit diperoleh melalui inferensi tidak langsung dari spektrum gelombang mikro dan infra-merah, dan meskipun produk *High Resolution* (HH) bersifat *near-real-time* (NRT), ia tetap memiliki latensi (keterlambatan pemrosesan) sekitar 30 menit hingga 4 jam,

jauh berbanding terbalik dengan data AWS yang bersifat instan. Perbedaan sifat data inilah yang harus dianalisis kinerjanya, mengingat data satelit rentan terhadap kesalahan sistematis (bias) yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lokal (Tang dkk., 2020).

Wilayah Padang, yang terdiri atas dataran rendah dan dataran tinggi di wilayah barat Pulau Sumatera, merupakan lokasi penelitian. Karakteristik iklimnya dipengaruhi oleh monsun dan interaksi antara Samudera Hindia dengan Pegunungan Bukit Barisan. Kota Padang sering mengalami hujan yang sangat deras dan memiliki pola hujan yang tidak merata di seluruh wilayahnya. Curah hujan yang intens dan sulit diprediksi ini adalah penyebab utama Kota Padang sering dilanda bencana rutin seperti banjir dan longsor yang dapat merusak infrastruktur (BMKG, 2022). Data AWS yang bersifat *point-based* tidak memadai untuk memetakan dinamika curah hujan yang sangat heterogen di seluruh wilayah Padang. Sementara itu, algoritma global GPM IMERG, yang dikembangkan berdasarkan kondisi global, perlu diuji validitas di lingkungan tropis maritim Indonesia yang unik. Studi komparatif sebelumnya (Mamenun dkk., 2014) dengan judul Validasi dan Koreksi Data Satelit TRMM pada Tiga Pola Hujan di Indonesia telah menunjukkan bahwa kinerja data satelit curah hujan dapat bervariasi secara signifikan, sehingga menuntut adanya evaluasi kinerja yang spesifik terhadap lokasi penelitian.

Berdasarkan kompleksitas data dan kebutuhan aplikasi di lapangan, penelitian ini memiliki urgensi akademis dan praktis. Evaluasi kinerja secara kuantitatif data satelit GPM_3IMERGHH V07 terhadap data AWS di dataran rendah dan dataran tinggi sebagai referensi lokal merupakan langkah kritis dalam mengukur tingkat keandalan estimasi satelit di lingkungan yang rawan bencana. Analisis ini mencakup perhitungan Koefisien Korelasi (CC) untuk mengukur kekuatan hubungan, *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengukur besaran kesalahan, dan Bias untuk mengukur kecenderungan kesalahan data satelit. Hasil temuan ini diharapkan dapat memberikan dasar saintifik yang kuat bagi praktisi Teknik Sipil untuk mengintegrasikan data GPM IMERG V07, baik sebagai data pelengkap maupun alternatif, dalam perhitungan hidrologi, seperti penyusunan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) dan pemodelan hidrograf di wilayah Padang, sehingga dapat mendukung perancangan infrastruktur yang adaptif dan berbasis data yang tervalidasi.

1.2. Tujuan Dan Manfaat

1.2.1. Tujuan

Studi ini memiliki tujuan utama untuk mengoreksi tingkat akurasi serta ketepatan estimasi curah hujan yang dihasilkan oleh produk satelit GPM_3IMERGHH V07. Proses koreksi dilakukan melalui perbandingan antara data estimasi satelit dengan data observasi curah hujan yang diperoleh dari alat pencatat otomatis *Ambient Weather* WS-2902. Analisis ini difokuskan untuk menilai sejauh mana data satelit GPM_3IMERGHH V07 mampu merepresentasikan kondisi curah hujan aktual di wilayah Kota Padang, selama periode pengamatan September 2025 hingga Januari 2026.

1.2.2. Manfaat Penelitian

Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan bagi Pengembangan Ilmu Hidrologi khususnya dalam pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Kontribusi utama adalah penyediaan hasil pengolahan data dan kajian validasi mengenai akurasi produk satelit GPM IMERG V07 di lingkungan tropis maritim dengan karakteristik topografi kompleks seperti Kota Padang. Kajian ini secara ilmiah akan memperkaya literatur akademik mengenai kinerja data *remote sensing* curah hujan di Indonesia, khususnya untuk data satelit generasi terbaru. Selain itu, penelitian ini juga menyajikan kerangka kerja metodologis yang terstruktur dan teruji, sehingga dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya yang memerlukan validasi data curah hujan di wilayah lain di Sumatera.

Manfaat praktis dari penelitian ini meliputi beberapa sektor. Pertama, bagi Aplikasi Teknik Sipil, hasil penelitian akan memberikan informasi yang kredibel dan terkuantifikasi mengenai tingkat keandalan data GPM IMERG V07. Ini sangat penting agar praktisi Teknik Sipil (konsultan, perencana, dan akademisi hidrologi) dapat menggunakan data satelit ini dengan keyakinan sebagai pelengkap atau alternatif data *in situ* dalam perhitungan hidrologi penting, seperti penyusunan Kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) dan pemodelan debit banjir. Kedua, bagi Institusi dan Pemerintah Daerah, hasil validasi ini dapat menjadi masukan strategis dalam upaya mengisi kekosongan data spasial dan mengembangkan sistem informasi curah hujan regional. Dengan mengetahui akurasi dan bias produk GPM IMERG, institusi dapat meningkatkan akurasi sistem peringatan dini bencana banjir berbasis data satelit yang telah tervalidasi. Ketiga, bagi Mahasiswa dan Peneliti, penelitian ini menyediakan data dasar yang terperinci, analisis komparatif, dan interpretasi kinerja mendalam yang sangat berguna sebagai

referensi awal, pembandingan, atau basis data untuk riset tugas akhir atau penelitian lanjutan mengenai data *remote sensing* curah hujan di wilayah Sumatera Barat.

1.3. Batasan Masalah

1. Batasan Lokasi:

- Penelitian ini dibatasi pada perbandingan data curah hujan yang terjadi di piksel spasial tunggal data satelit GPM_3IMERGHH V07 yang secara geografis mencakup titik koordinat lokasi stasiun *Automatic Weather Station* (AWS) di dataran tinggi dan di dataran rendah

2. Batasan Subjek Penelitian (Data):

- Subjek perbandingan dibatasi hanya pada dua jenis data curah hujan: Data pengukuran *in situ* dari AWS di wilayah dataran rendah dan dataran tinggi kota padang (sebagai *ground truth* atau data referensi) dan data estimasi satelit GPM_3IMERGHH V07 (produk *early-run*).
- Periode waktu data yang digunakan untuk perbandingan adalah periode historis yang sinkron antara kedua sumber data, yang akan ditetapkan berdasarkan ketersediaan data.

3. Batasan Variabel dan Analisis:

- Variabel yang dianalisis adalah curah hujan harian (akumulasi 24 jam). Penelitian ini tidak mencakup analisis pada skala waktu sub-harian (30 menit) atau skala waktu yang lebih besar (bulanan/tahunan).
- Metode analisis dibatasi pada penggunaan indikator statistik deskriptif dan komparatif, yaitu Koefisien Korelasi (CC), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Bias* (BIAS).
- Penelitian hanya mengevaluasi kinerja data satelit pada rentang waktu September 2025 – Januari 2026

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini memberikan landasan teoritis yang kuat dan mendalam bagi penelitian ini, merumuskan masalah-masalah yang akan diteliti dengan jelas dan terperinci, serta menyusun kerangka kerja penelitian yang sistematis dan logis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini menyajikan ulasan pustaka yang komprehensif dan relevan dengan topik penelitian yang dibahas, mencakup berbagai sumber yang kredibel dan terkini untuk memberikan gambaran yang lengkap.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menguraikan metode penelitian yang digunakan secara rinci untuk menjawab permasalahan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya, meliputi desain penelitian, teknik pengumpulan data, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bagian ini, akan dipaparkan temuan-temuan yang diperoleh dari pengujian data curah hujan secara mendalam, diikuti dengan analisis dan pembahasan yang komprehensif terhadap hasil yang ditemukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini menyajikan kesimpulan yang diambil berdasarkan temuan-temuan penelitian secara menyeluruh, serta memberikan usulan dan rekomendasi yang didasarkan pada hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

