

SKRIPSI

**ANALISIS BIAS DATA TIME SERIES DENGAN ALGORITMA
QUANTILE MAPPING (STUDI KASUS : PRESIPITASI KOTA
MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI BESSE ADYA FEBRYANA ADIASPOETRI
D121 19 1019**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS BIAS DATA TIME SERIES DENGAN ALGORITMA
QUANTILE MAPPING (STUDI KASUS : PRESIPITASI KOTA
MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh


**ANDI BESSE ADYA FEBRYANA ADIASPOETRI
D121 19 1019**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 Maret 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Mukarramah Yusuf, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
NIP 198310082012122003


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP 196404271989101002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Dadriyayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN, Eng.
NIP 197507162002121004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andi Besse Adya Febryana Adiaspoetri

NIM : D121191019

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Bias data Time Series Dengan Algoritma Quantile Mapping (Studi Kasus : Presipitasi Kota Makassar)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Maret 2024

Menyatakan



Andi Besse Adya Febryana Adiaspoetri

ABSTRAK

ANDI BESSE ADYA FEBRYANA ADIASPOETRI. *Analisis Bias data Time Series Dengan Algoritma Quantile Mapping (Studi Kasus : Presipitasi Kota Makassar)* (dibimbing oleh Mukarramah Yusuf dan Zahir Zainuddin)

Perubahan lingkungan menjadi topik dalam beberapa dekade terakhir. Akibat ketersediaan data pengukuran langsung yang sering kali tidak lengkap atau bahkan tidak ada, data satelit menjadi alat penting dalam menganalisis pola curah hujan di berbagai wilayah. Data satelit CHIRPS merupakan data gabungan yang mencakup informasi curah hujan dari stasiun dan satelit. Namun, masih ada tantangan terkait keakuratan dan penggunaan nya yaitu, permasalahan bias.

Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis beberapa data curah hujan yang bersifat publik, mengurangi bias pada data, serta membuat aplikasi berbasis *website* yang dapat memvisualisasikan hasil koreksi bias terhadap data yang dianggap benar dan data prediksi.

Metode penelitian yang digunakan yaitu koreksi bias data curah hujan dengan algoritma *Quantile Mapping*. *Quantile Mapping* adalah teknik yang menyesuaikan seluruh distribusi kumulatif data estimasi dengan distribusi kumulatif data penakar hujan menggunakan fungsi transfer.

Hasil penelitian untuk evaluasi data publik menunjukkan bahwa dataset yang digunakan memiliki ketersediaan data yang tidak lengkap dan menunjukkan variasi dalam intensitas dan frekuensi curah hujan, khususnya peristiwa hujan ekstrem. Meskipun semua data memiliki kecenderungan serupa dalam mencatat pola curah hujan, koefisien korelasi Pearson antar dataset tidak menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Data CHIRPS dan *World Weather Online* menunjukkan korelasi yang lebih tinggi, karena keduanya bersumber dari hasil prakiraan, berbeda dengan data BMKG yang berasal dari pengukuran langsung di lapangan. Kemudian, hasil penelitian menunjukkan bahwa koreksi bias dengan algoritma *Quantile Mapping* mampu mengurangi nilai RMSE dan mendekati data referensi, meningkatkan akurasi prediksi data curah hujan, meskipun terdapat koreksi yang mengalami peningkatan RMSE. Selain itu, nilai R^2 yang tinggi di semua kasus menunjukkan koreksi bias memiliki tingkat penjelasan yang baik terhadap variabilitas data referensi. Website dalam penelitian ini menyediakan fitur visualisasi yang mencakup diagram perbandingan, tabel data, nilai RMSE dan R^2 , serta opsi mengunduh data dan melakukan koreksi bias dengan data baru.

Kata Kunci: Curah hujan, Bias, Algoritma *Quantile Mapping*.

ABSTRACT

ANDI BESSE ADYA FEBRYANA ADIASPOETRI. *Analysis Of Time Series data Bias Using Quantile Mapping Algorithm (Case Study : Precipitation In Makassar City)* (supervised by Mukarramah Yusuf and Zahir Zainuddin)

Environmental change has become a topic in recent decades. As the availability of direct measurement data is often incomplete or even non-existent, satellite data has become an important tool in analyzing rainfall patterns in various regions. CHIRPS satellite data is a combined data set that includes rainfall information from stations and satellites. However, there are still challenges related to its accuracy and use, namely, the problem of bias.

Therefore, this research analyzes some public rainfall data, reduces bias in the data, and creates a website-based application that can visualize the results of bias correction of data that is considered correct and predictive data.

The research method used is bias correction of rainfall data with the Quantile Mapping algorithm. Quantile Mapping is a technique that adjusts the entire cumulative distribution of estimated data to the cumulative distribution of rain gauge data using a transfer function.

The results of the study for public data evaluation showed that the datasets used had incomplete data availability and showed variations in rainfall intensity and frequency, particularly extreme rainfall events. Although all the datasets have similar trends in recording rainfall patterns, the Pearson correlation coefficients between the datasets do not show a very strong correlation. The CHIRPS and World Weather Online data show a higher correlation, perhaps because they are derived from forecasts, in contrast to the BMKG data which is derived from direct field measurements. Then, the results show that bias correction with the Quantile Mapping algorithm is able to reduce the RMSE value and approach the reference data, improving the accuracy of rainfall data prediction, although there are corrections that experience an increase in RMSE. In addition, the high R2 values in all cases indicate that the bias correction has a good level of explanation for the variability of the reference data. The website in this study provides visualization features that include comparison charts, data tables, RMSE and R2 values, as well as the option to download data and perform bias correction with new data.

Keywords: Rainfall, bias, Quantile Mapping Algorithm.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	5
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	5
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Curah Hujan.....	6
2.2 BMKG.....	7
2.3 CHIRPS.....	8
2.4 Data Radar.....	9
2.5 Data <i>World Weather Online</i>	9
2.6 Bias dan Koreksi Bias.....	10
2.7 Algoritma <i>Quantile Mapping</i>	11
2.8 <i>Website</i>	16
2.9 RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>).....	16
2.10 R^2 (<i>Coefficient of Determination</i>).....	17
2.11 Koefisien Korelasi <i>Pearson</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Instrumen Penelitian.....	19
3.3 Tahapan Penelitian.....	19
3.4 Perancangan Sistem.....	24
3.5 Skenario Penelitian.....	33
3.6 Koreksi Bias Algoritma <i>Quantile Mapping</i>	34
3.7 Evaluasi Koreksi Bias.....	40
3.8 Visualisasi <i>Website</i>	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Evaluasi Data Publik.....	47
4.2 Evaluasi Metode <i>Quantile Mapping</i>	71
4.3 Visualisasi <i>Website</i>	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema representasi metode koreksi bias <i>Quantile Mapping</i>	12
Gambar 2 Tahapan dan metodologi penelitian	20
Gambar 3 Rancangan sistem.....	24
Gambar 4 Data curah hujan BMKG.....	25
Gambar 5 Data curah hujan CHIRPS.....	26
Gambar 6 Data curah hujan <i>World Weather Online</i>	27
Gambar 7 Data curah hujan radar pribadi	27
Gambar 8 Dataset sebelum penyesuaian nama kolom data	29
Gambar 9 Dataset setelah penyesuaian nama kolom data	29
Gambar 10 Dataset setelah cleaning	30
Gambar 11 Dataset sebelum dirata – ratakan.....	30
Gambar 12 Dataset setelah dirata – ratakan	31
Gambar 13 Dataset setelah panjang data disamakan	31
Gambar 14 Contoh data curah hujan.....	32
Gambar 15 Skenario penelitian.....	33
Gambar 16 Ketersediaan data BMKG 2018	47
Gambar 17 Ketersediaan data BMKG tahun 2019	48
Gambar 18 Ketersediaan data BMKG tahun 2020	48
Gambar 19 Ketersediaan data BMKG tahun 2021	48
Gambar 20 Ketersediaan data BMKG tahun 2022	48
Gambar 21 Ketersediaan data BMKG tahun 2023	49
Gambar 22 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2018	50
Gambar 23 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2019	50
Gambar 24 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2020	50
Gambar 25 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2021	50
Gambar 26 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2022	51
Gambar 27 Ketersediaan data CHIRPS tahun 2023	51
Gambar 28 Ketersediaan data <i>World Weather Online</i>	52
Gambar 29 Ketersediaan data radar pribadi.....	53
Gambar 30 Ketersediaan data CHIRPS Kampus Teknik.....	53
Gambar 31 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2018.....	55
Gambar 32 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2019.....	55
Gambar 33 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2020.....	56
Gambar 34 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2021.....	56
Gambar 35 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2022.....	57
Gambar 36 Perbandingan data BMKG dan data CHIRPS 2023.....	57
Gambar 37 Perbandingan data BMKG dan data <i>World Weather Online</i>	58
Gambar 38 Perbandingan data CHIRPS dan data <i>World Weather Online</i>	59
Gambar 39 Perbandingan data radar pribadi dan data CHIRPS	60
Gambar 40 Hasil koefisien korelasi <i>pearson</i>	69
Gambar 41 Hasil koefisien korelasi <i>pearson</i> setelah koreksi bias.....	70
Gambar 42 Visualisasi hasil koreksi data BMKG dan data CHIRPS Kota Makassar.....	73
Gambar 43 Visualisasi hasil koreksi data CHIRPS Kota Makassar dan data BMKG.....	74

Gambar 44 Visualisasi hasil koreksi data BMKG dan data <i>World Weather Online</i>	75
Gambar 45 Visualisasi hasil koreksi data <i>World Weather Online</i> dan data BMKG	76
Gambar 46 Visualisasi hasil koreksi data CHIRPS dan data <i>World Weather Online</i>	77
Gambar 47 Visualisasi hasil koreksi data <i>World Weather Online</i> dan data CHIRPS	78
Gambar 48 Visualisasi hasil koreksi data CHIRPS dan data radar pribadi	79
Gambar 49 Visualisasi hasil koreksi data radar pribadi dan data CHIRPS	80
Gambar 50 Perbandingan sumber data sebelum dan setelah koreksi berdasarkan CDF dan kuantil (skenario 1 – 6).....	81
Gambar 51 Perbandingan sumber data sebelum dan setelah koreksi berdasarkan CDF dan kuantil (skenario 7 – 8).....	82
Gambar 52 Perbandingan CDF berdasarkan referensi data BMKG	82
Gambar 53 Perbandingan CDF berdasarkan referensi data CHIRPS	83
Gambar 54 Perbandingan CDF berdasarkan referensi data <i>World Weather Online</i>	83
Gambar 55 Perbandingan sumber data sebelum koreksi berdasarkan CDF dan kuantil.....	84
Gambar 56 Validasi sistem koreksi bias data	85
Gambar 57 Tampilan awal website.....	86
Gambar 58 Pilih file dataset.....	87
Gambar 59 Upload file dataset.....	87
Gambar 60 Tampilan dataset yang telah diupload.....	87
Gambar 61 Pilih data yang akan dikoreksi	88
Gambar 62 Melakukan koreksi bias.....	88
Gambar 63 Tampilan hasil koreksi bias data	89
Gambar 64 Tampilan hasil koreksi dalam bentuk file excel.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi curah hujan di Indonesia	6
Tabel 2. Tingkat hubungan data curah hujan	18
Tabel 3 Nilai PDF dan CDF data dikoreksi dalam bin	36
Tabel 4 Nilai kuantil data dikoreksi	37
Tabel 5 Nilai terkoreksi bias	39
Tabel 6 Contoh perhitungan nilai RMSE.....	41
Tabel 7 Contoh perhitungan nilai R^2	44
Tabel 8. Nilai RMSE sebelum koreksi.....	60
Tabel 9 Perhitungan koefisien korelasi <i>pearson</i> data BMKG dan data CHIRPS	62
Tabel 10 Perhitungan koefisien korelasi <i>pearson</i> data BMKG dan data <i>World Weather Online</i>	64
Tabel 11 Perhitungan koefisien korelasi <i>pearson</i> data <i>World Weather Online dan data CHIRPS</i>	66
Tabel 12. Skenario koreksi bias data curah hujan dengan algoritma <i>Quantile Mapping</i>	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data hasil koreksi bias data BMKG terhadap data satelit CHIRPS ..	97
Lampiran 2 Data hasil koreksi bias data satelit CHIRPS terhadap data BMKG ..	98
Lampiran 3 Data hasil koreksi bias data BMKG terhadap data <i>World Weather Online</i>	99
Lampiran 4 Data hasil koreksi bias data <i>World Weather Online</i> terhadap data BMKG	100
Lampiran 5 Data hasil koreksi bias data satelit CHIRPS terhadap data <i>World Weather Online</i>	101
Lampiran 6 Data hasil koreksi bias data <i>World Weather Online</i> terhadap data CHIRPS	102
Lampiran 7 Data hasil koreksi bias data satelit CHIRPS terhadap data radar pribadi.....	103
Lampiran 8 Data hasil koreksi bias data radar pribadi terhadap data satelit CHIRPS	104
Lampiran 9 Data hasil koreksi bias data Dummy	105
Lampiran 10 <i>Source Code</i>	106

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Bias Data Time Series dengan Algoritma Quantile Mapping (Studi Kasus: Presipitasi Kota Makassar)” ini sebagaimana mestinya. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak dalam berbagai bentuk bantuan dan bimbingan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Ibunda Andi Fatmawati Mustafa, S.E., dan Ayahanda Ir. Adias A. Sadda, M.Si., saudaraku Bambang Aditya Nugraha Adiasputra dan Farizah Dhaifina Amran, serta seluruh keluarga atas doa dan dukungannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Mukarramah Yusuf, B.Sc., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku Pembimbing II atas kesabarannya dalam memberikan curahan ilmu, waktu, petunjuk, pengarahan, bimbingan, saran, kritikan, dan motivasi selama proses penelitian.
3. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu serta dukungan selama masa perkuliahan.
4. Andi Adzan Bintang Hawari yang selalu menjadi partner dalam membantu dan mendengar curhatan penulis selama menempuh studi sampai sekarang.
5. Teman-teman S19NIFIER dan sahabat-sahabatku, Andi Widad Sucitra, Debi Rizky Ramadhana, Nurdita Fahira yang selalu mendengar keluh kesah, memberikan semangat dan selalu membantu penulis saat membutuhkan bantuan.
6. Serta semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga segala bantuan, petunjuk, dorongan, dan bimbingan yang telah diberikan mendapatkan imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Penulis menyadari bahwa, tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini selanjutnya. Aamiin

Gowa, 15 Maret 2024

Penulis,
Andi Besse Adya Febryana Adiaspoetri

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim dan ancaman terhadap keberlanjutan lingkungan telah menjadi topik hangat dalam beberapa dekade terakhir. Hal tersebut memicu kebutuhan untuk memahami dan mengantisipasi perubahan tersebut. Salah satu bentuk perubahan iklim dapat dilihat pada pola cuaca, khususnya peristiwa hujan. Data curah hujan didapatkan melalui pengamatan di stasiun hujan atau stasiun klimatologi. Ketersediaan data curah hujan yang akurat, baik secara temporal maupun spasial menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting dalam berbagai bidang, seperti prediksi kondisi cuaca ekstrem, klimatologi, simulasi hidrologi, agrikultur, monitoring banjir, kekeringan, serta pengelolaan sumber daya air (Pratama dkk., 2022).

Jenis alat pengukur curah hujan yang umum digunakan di Indonesia, yaitu penakar hujan manual tipe observatorium, otomatis, dan semi otomatis. Penakar hujan observatorium (OBS) hanya mengukur curah hujan harian yang diukur setiap jam 07:00 waktu setempat. Kemudian, penakar hujan tipe otomatis yang diantaranya menggunakan *Automatic Rain Gauge* (ARG), penakar hujan dengan sensor *tipping bucket* yang terdapat pada *Agroclimate Automatic Weather Station* (AAWS) dan *Automatic Weather Station* (AWS). Sedangkan penakar hujan semi otomatis adalah penakar hujan *Hellman* (Kurniawan, 2020). Namun, seringkali data curah hujan yang tersedia itu terbatas. Hal itu disebabkan oleh persebaran stasiun pengukuran yang tidak merata, rusak/minimnya alat di stasiun pengamatan, ataupun karena panjang data yang terbatas (Romadhoni dkk., 2021).

Ketersediaan data curah hujan pengukuran langsung yang sering kali tidak lengkap atau bahkan tidak ada, menyebabkan pengembangan instrumen radar, *remote sensing*, *numerical model*, dan citra satelit menjadi alat penting dalam memonitor dan menganalisis pola curah hujan di berbagai wilayah sebagai alternatif dalam pengukuran data curah hujan. Data satelit menyediakan estimasi yang berdasarkan perhitungan dan kalibrasi. Berdasarkan sumbernya, data hujan yang berasal dari citra satelit dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu berbasis

satelit, *reanalysis*, dan gabungan satelit dengan hujan observasi (Suryanto dkk., 2023). Telah terdapat beberapa contoh data curah hujan hasil perekaman citra satelit seperti, *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, *Climate Hazards Group Infrared Precipitation With Stations (CHIRPS)*, *Global Precipitation Measurement (GPM)*, *Global Rainfall Map (GSMaP)*, dan masih banyak data satelit lainnya (Budiyono & Faisol, 2021).

Salah satu data curah hujan yang berasal dari citra satelit, yaitu data satelit CHIRPS. Data satelit CHIRPS (*Climate Hazards Group Infrared Precipitation With Stations*) merupakan data gabungan yang mencakup informasi curah hujan dari stasiun dan satelit. Data CHIRPS dikembangkan oleh *United States Geological Survey dan University of California, Santa Barbara* (Suryanto dkk., 2023). Data CHIRPS dengan luas wilayah $50^{\circ}\text{LU} - 50^{\circ}\text{LS}$ dan resolusi tinggi $0,05^{\circ}$ menyediakan data curah hujan mulai dari tahun 1981 hingga saat ini dalam skala waktu harian, 5-harian, dan bulanan. Data CHIRPS dikembangkan dengan tiga komponen utama: *Climate Hazards Group Precipitation Climatology (CHPClim)*, *Climate Hazards Group Infrared Precipitation (CHIRP)*, dan prosedur penggabungan stasiun (Funk dkk., 2015).

Hingga saat ini, telah banyak penelitian mengenai data curah hujan yang menggunakan data CHIRPS. Diantaranya, Budiyono & Faisol, (2021) yang mengatakan bahwa data CHIRPS cukup akurat dalam mengestimasi dan mendeteksi curah hujan harian di Provinsi Papua Barat. Selain itu, Novita Tri Lara Atica dkk., (2022) mengatakan bahwa hasil prediksi hujan bulanan data CHIRPS dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam merancang pengelolaan sumber daya air pada daerah aliran sungai dengan data hujan terbatas. Data CHIRPS masih memiliki nilai parameter yang baik dibandingkan dengan data GSMaP dan IMERG meskipun nilainya masih sedikit *overestimate* (Pratama dkk., 2022). Dengan mempertimbangkan ketersediaan data serta keunggulan dan kelemahannya, data CHIRPS dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan peta variabel curah hujan untuk evaluasi rencana tata ruang kawasan hutan (Setiawan dkk., 2021). Akan tetapi, akurasi nilai yang dihasilkan oleh data CHIRPS di setiap wilayah berbeda-beda.

Meskipun data satelit CHIRPS memberikan manfaat signifikan dalam memahami pola curah hujan, namun masih ada tantangan yang terkait dengan keakuratan dan penggunaannya. Data CHIRPS tidak bebas dari permasalahan bias, sehingga perlu dilakukan validasi dan koreksi dengan menggunakan data observasi hasil pengamatan di lapangan (Misnawati dkk., 2018). Data satelit CHIRPS juga cenderung memperkirakan terlalu tinggi (*overestimate*) dan mengestimasi terlalu rendah (*underestimate*) nilai curah hujan yang tinggi (> 100 mm/bulan) terhadap data seharusnya (pengukuran langsung) (Paredes-Trejo dkk., 2017). Hal serupa juga terjadi di daerah Mexico dimana data CHIRPS memperkirakan curah hujan secara *overestimate & underestimate* selama musim panas dan musim gugur hingga 30% (Perdigón-Morales dkk., 2018).

Selain itu, salah satu bentuk kemajuan teknologi digital yaitu, muncul berbagai platform yang berfungsi untuk menampilkan informasi cuaca. *World Weather Online* merupakan salah satu platform yang menyediakan informasi cuaca komprehensif. Platform ini tidak hanya memberikan data prakiraan cuaca untuk berbagai lokasi di seluruh dunia, tapi juga menyediakan informasi untuk berbagai aktivitas seperti olahraga. Selain itu, *World Weather Online* juga menyediakan data historis tentang cuaca, serta menyediakan rata – rata iklim bulanan.

Pada dasarnya, miniatur stasiun cuaca, mengadopsi sistem yang digunakan oleh stasiun cuaca otomatis (*Automatic Weather Station, AWS*), namun tidak secanggih dan sesempurna AWS. Ada beberapa bagian pengukuran yang tidak termasuk didalam miniatur stasiun cuaca ini, diantaranya yaitu pengukuran pengukuran penyinaran matahari dan pengukuran spesifik lainnya. Hal ini yang mendasari mengapa perancangan alat yang dibuat dinamakan miniatur stasiun cuaca. Pengukuran yang dapat dilakukan pada miniatur stasiun cuaca ini diantaranya adalah pengukuran arah angin, kecepatan angin, tekanan udara, pengukuran suhu dan kelembaban udara, serta curah hujan (Qadri, 2022).

Pengukuran data curah hujan secara tidak langsung dapat menjadi alternatif ketika pengukuran langsung tidak tersedia. Namun, metode ini masih menghadapi beberapa kendala, salah satunya adalah masalah bias dalam data. Bias merupakan kesalahan sistematis dalam pengambilan sampel atau pengujian dengan memilih atau mendorong suatu hasil atau jawaban atas yang lain. Bias berarti tidak

mencerminkan kondisi data yang sebenarnya. Bias pada data curah hujan dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti kesalahan saat pengambilan sampel, kesalahan yang dihasilkan oleh alat pengukuran, dan kesalahan pada algoritma yang digunakan (Pratama dkk., 2022). Koreksi bias merupakan upaya untuk mengurangi atau menghilangkan bias yang ada pada suatu data agar mendekati data yang seharusnya (Soriano dkk., 2019). Koreksi bias dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap data pengukuran lapangan (Vernimmen dkk., 2012). Salah satu metode dalam koreksi bias yaitu koreksi bias statistik yang merupakan proses untuk membersihkan data dari bias sehingga diperoleh data prediksi dengan bias yang minimal dan lebih akurat (Najib & Nurdiati, 2021). *Quantile Mapping* merupakan salah satu metode untuk melakukan koreksi bias statistik.

Algoritma *Quantile Mapping* juga dikenal dengan istilah *Distribution Mapping*. *Quantile Mapping* adalah teknik yang menyesuaikan seluruh distribusi kumulatif data estimasi dengan distribusi kumulatif data penakar hujan menggunakan fungsi transfer (Shukla dkk., 2019). Terdapat beberapa penelitian yang telah menggunakan *Quantile Mapping* untuk melakukan koreksi bias, diantaranya Shukla dkk., (2019) yang mengatakan bahwa kumpulan data presipitasi TRMM yang telah dikoreksi dapat digunakan untuk berbagai analisis iklim dan studi berbasis neraca air hidrologi di cekungan Sungai Himalaya. Katiraie-Boroujerdy dkk., (2020) dalam penelitiannya juga mengatakan bahwa pendekatan koreksi bias untuk meningkatkan data PERSIANN-CCS pada skala agregat menjadi bulanan, musiman, dan tahunan untuk periode kalibrasi dan validasi. Najib & Nurdiati, (2021) pada penelitiannya menyimpulkan bahwa berdasarkan nilai *expected error*, prediksi DMI menggunakan data ECMWF yang telah dikoreksi memiliki nilai *expected error* yang lebih rendah dibandingkan sebelum dikoreksi untuk semua bulan dan *lead times*.

Pada penelitian ini, hasilnya akan divisualisasikan ke dalam bentuk website. Hal tersebut dilakukan agar *user* lebih mudah dalam melakukan koreksi bias di titik yang lain, memberikan gambaran yang jelas, serta membantu *user* untuk melakukan pengambilan keputusan berdasarkan hasil analisis. *User* yang dimaksud yaitu, peneliti terkait data curah hujan ataupun lembaga atau badan yang berada di bidang terkait cuaca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi data curah hujan yang bersifat publik (biasa digunakan untuk penelitian).
2. Mengevaluasi metode *Quantile Mapping* dalam koreksi bias.
3. Memvisualisasikan data time series hasil koreksi.

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melihat hubungan antar data curah hujan dan nilai kesalahan (RMSE) dari masing – masing data.
2. Melihat perubahan nilai RMSE dan R^2 sebelum dan sesudah koreksi untuk melihat efektivitas metode *Quantile Mapping* dalam koreksi bias.
3. Membuat aplikasi berbasis *website* yang dapat memvisualisasikan hasil koreksi bias data.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi referensi dalam studi yang memanfaatkan data Presipitasi Global CHIRPS dan data BMKG untuk melakukan koreksi bias.
2. Mengurangi permasalahan bias pada data.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan Kota Makassar yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), data satelit *Climate Hazards Group Infrared Precipitation With Stations* (CHIRPS), *World Weather Online*, dan sebagai pembanding terdapat data koleksi radar pribadi untuk sebuah titik di Kabupaten Gowa.
2. Metode koreksi bias yang digunakan adalah metode *Quantile Mapping*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Curah Hujan

Hujan merupakan suatu fenomena dimana butir – butir air jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi. Hal ini terjadi ketika titik-titik air yang terkandung di dalam awan bertambah semakin banyak sampai pada keadaan dimana awan tidak mampu lagi untuk menampungnya, sehingga menyebabkan butiran air tersebut jatuh ke permukaan bumi (Qadri, 2022). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), curah hujan merupakan banyaknya hujan yang tercurah (turun) di suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. Adapun pengertian curah hujan menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Unsur hujan satu milimeter (1 mm) artinya dalam luasan satu meter persegi (1 m^2) pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu milimeter atau tertampung air hujan sebanyak satu liter.

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerahnya merupakan daerah tropis. Meskipun demikian, beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar (Ramadhan, 2018). Untuk mempermudah dalam mengkategorikan jumlah curah hujan yang turun sampai ke muka bumi, maka dilakukan klasifikasi curah hujan berdasarkan intensitas curah hujan terdapat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi curah hujan di Indonesia

Kategori	Intensitas Hujan
Ringan	1 – 5 mm/jam; atau 5 – 20 mm/hari
Sedang / Normal	5 – 10 mm/jam; atau 20 – 50 mm/hari
Lebat	10 – 20 mm/jam; atau 50 – 100 mm/hari
Sangat Lebat	> 20 mm/jam; atau > 100 mm/hari

Sumber: BMKG (2010)

Letak Indonesia yang terletak diantara dua benua, yaitu Benua Asia dan Benua Australia mempengaruhi arah pergerakan angin di wilayah Indonesia. Arah angin merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pola curah hujan. Angin yang berhembus dari arah Samudra Pasifik dan Samudera Hindia akan membawa

udara lembab ke wilayah Indonesia dan mengakibatkan curah hujan menjadi tinggi, sedangkan angin yang berhembus dari arah daratan Benua Asia dan Benua Australia hanya mengandung sedikit uap air dan tidak banyak menimbulkan hujan. Unsur iklim dan cuaca Indonesia dipengaruhi oleh faktor fisiografis wilayah tersebut menghasilkan tiga jenis tipe curah hujan, yaitu tipe ekuatorial, monsun, dan lokal. Beberapa faktor fisik utama yang berperan dalam pembentukan hujan di Indonesia, diantaranya posisi garis lintang, elevasi atau ketinggian wilayah, pola angin yang meliputi angin pasat dan angin monsun, distribusi topografi termasuk daratan dan lautan, serta keberadaan pegunungan dan gunung yang tinggi (Tukidin, 2010).

2.2 BMKG

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) merupakan Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) di Indonesia berdasarkan Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. BMKG mempunyai tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika sesuai dengan ketentuan perundang – undangan yang berlaku. BMKG melakukan pengukuran curah hujan menggunakan metode instrumen konvensional dan otomatis. Metode konvensional melibatkan penakar hujan manual seperti penakar hujan Observatorium (OBS). Penakar hujan ini melakukan pengumpulan data secara manual dengan pengamatan pada jam-jam tertentu (mulai dari jam 07:00 waktu setempat hingga jam 07:00 keesokan hari nya). Metode otomatis menggunakan *Automatic Weather Station (AWS)*, *Agriculture Automatic Weather Station (AAWS)*, *Maritim Automatic Weather Station (MAWS)*, dan *Automatic Weather Observation System (AWOS)* yang merekam data cuaca dan menyimpannya secara digital. Metode otomatis, seperti AWS dapat memberikan data cuaca secara *real-time* yang lebih mudah diproses. Sedangkan, penakar hujan semi konvensional adalah penakar hujan *Hellman*. Penakar hujan ini tidak menggunakan listrik dan elektronika, tetapi menggunakan mekanik untuk menggerakkan mata pena dan tinta.

Metode penakar curah hujan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing – masing. Penakar hujan OBS memiliki kelebihan seperti alat nya yang murah dan perawatan yang mudah. Namun, kelemahannya ada pada resolusi data hariannya. Sedangkan, untuk penakar hujan otomatis memiliki kekurangan pada investasi pembelian alat yang mahal, perawatannya lebih rumit, dan membutuhkan operator yang bisa mengoperasikan *software* dan *hardware*nya. Akan tetapi, kelebihan metode otomatis yaitu dapat mengukur curah hujan harian, menentukan intensitas hujan, serta dapat menentukan waktu (jam berapa terjadi dan berakhirnya hujan) (Kurniawan, 2020). Selain itu, metode otomatis AWS juga dapat melakukan pengamatan cuaca secara serentak dan berkelanjutan, serta memiliki tempo data yang lebih baik karena data tersimpan dalam periode 10 menitan. AWS juga dapat mengefesienkan biaya operasional dan menghindari terjadinya *human error* dalam proses pencatatan data. Akan tetapi, AWS juga memiliki permasalahan jika terjadi kerusakan alat maka data cuaca tidak terekam sehingga mengalami missing data (Risnayah & Sagala, 2022).

2.3 CHIRPS

Climate Hazards Group Infrared Precipitation With Stations (CHIRPS) merupakan data gabungan data curah hujan stasiun dan satelit yang dikembangkan oleh *United States Geological Survey* dan *University of California, Santa Barbara* (Suryanto dkk., 2023). Data satelit CHIRPS dengan luas wilayah $50^{\circ}\text{LU} - 50^{\circ}\text{LS}$ dan resolusi tinggi $0,05^{\circ}$. Data CHIRPS menyediakan data curah hujan mulai dari tahun 1981 hingga saat ini dalam skala waktu harian, 5-harian / mingguan, dan bulanan (Funk dkk., 2015). CHIRPS adalah sistem pengukuran curah hujan yang menggunakan pendekatan berbasis satelit dan teknik interpolasi '*smart*' untuk memberikan perkiraan curah hujan dengan resolusi tinggi.

Pendekatan ini didasarkan pada pengamatan *Infrared Cold Cloud Duration (CCD)* yang mengukur suhu awan di permukaan bumi. CHIRPS menggunakan ambang batas suhu CCD untuk mengidentifikasi potensi curah hujan, di mana semakin lama waktu yang dihabiskan oleh awan di atas suatu piksel, semakin tinggi kemungkinan terjadinya curah hujan di daerah tersebut. Selain itu, CHIRPS juga menggabungkan data stasiun cuaca dan informasi satelit dalam proses dua fase

untuk menghasilkan produk awal dengan *latency* 2 hari dan produk akhir dengan *latency* sekitar 3 minggu. Data curah hujan oleh satelit CHIRPS dikalibrasi menggunakan data curah hujan historis untuk meningkatkan akurasi perkiraan. CHIRPS telah terbukti memiliki kinerja yang baik dalam memperkirakan curah hujan, terutama di daerah dengan data cuaca terbatas dan topografi kompleks. Dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi, CHIRPS menjadi alat yang penting dalam pemantauan kekeringan dan pemodelan iklim (Funk dkk., 2015).

2.4 Data Radar

Data curah hujan koleksi radar pribadi merupakan data yang berasal dari miniatur stasiun pengukuran yang dibuat oleh perseorangan maupun kelompok. Radar cuaca merupakan alat yang digunakan untuk memonitor dan mendeteksi kondisi atmosfer, termasuk curah hujan. Data curah hujan dari radar cuaca dapat memberikan informasi penting tentang jumlah hujan yang jatuh dalam suatu wilayah dalam periode waktu tertentu. Pada dasarnya miniatur stasiun cuaca, mengadopsi sistem yang digunakan oleh stasiun cuaca otomatis (*Automatic Weather Station*), namun tidak secanggih dan sesempurna AWS (*Automatic Weather Station*). Ada beberapa bagian pengukuran yang tidak termasuk didalam miniatur stasiun cuaca ini, diantaranya yaitu pengukuran penyinaran matahari dan pengukuran spesifik lainnya. Hal ini yang mendasari mengapa perancangan alat yang dibuat dinamakan miniatur stasiun cuaca. Pengukuran yang dapat dilakukan pada miniatur stasiun cuaca ini diantaranya adalah pengukuran arah angin, kecepatan angin, pengukuran tekanan udara, pengukuran suhu dan kelembaban udara, serta pengukuran curah hujan (Qadri, 2022).

2.5 Data World Weather Online

World Weather Online adalah platform yang menyediakan berbagai layanan informasi cuaca global. Platform ini menawarkan data cuaca untuk berbagai lokasi di seluruh dunia, informasi cuaca untuk kegiatan olahraga, data cuaca historis, dan rata-rata iklim bulanan. Data cuaca *real-time World Weather Online* bersumber dari ribuan stasiun cuaca di seluruh dunia dan diperbarui setiap 10 hingga 15 menit. Sedangkan data prakiraan cuaca dihasilkan dari model-model cuaca seperti

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, World Meteorological Organization, dan citra satelit cuaca dari *NASA* dan *NOAA GFS2*, yang kemudian disesuaikan dengan faktor-faktor seperti medan, populasi, dan ketinggian untuk menghasilkan prakiraan akhir. Data prakiraan ini diperbarui setiap 4 hingga 6 jam. Untuk data cuaca historis, *World Weather Online* menggabungkan data *real-time* dan prakiraan untuk memberikan gambaran akurat tentang kondisi cuaca pada hari itu, yang diarsipkan setelah tengah malam untuk hari sebelumnya. Misalnya, data cuaca untuk 1 Januari 2019 diarsipkan setelah tengah malam pada tanggal 2 Januari 2019 (korespondensi pribadi).

2.6 Bias dan Koreksi Bias

Permasalahan bias seringkali terjadi pada suatu data penelitian. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Bias merupakan kesalahan sistematis dalam pengambilan sampel atau pengujian dengan memilih atau mendorong suatu hasil atau jawaban atas yang lain. Bias berarti tidak mencerminkan kondisi data yang sebenarnya. Bias biasanya terjadi pada kondisi cuaca yang sangat lembab, dimana terjadi hujan dengan intensitas rendah, atau pada situasi dengan temperatur yang mencapai tingkat ekstrem (Soriano dkk., 2019). Bias pada suatu data curah hujan dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti :

- a. Ketidaktepatan pemodelan,
- b. Kesalahan dalam perhitungan,
- c. Perbedaan dalam ukuran tetesan hujan yang jatuh,
- d. Kondisi atmosfer yang berubah-ubah,
- e. Perbedaan karakteristik tiap wilayah dan masih banyak lagi faktor lainnya yang menyebabkan bias dapat terjadi.

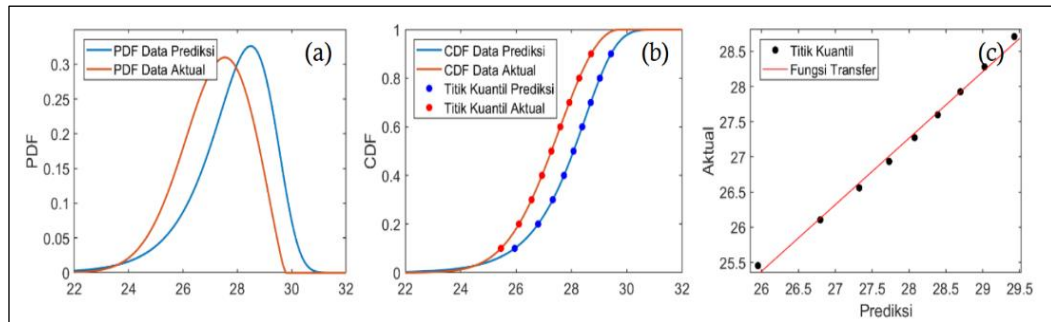
Seperti yang dikatakan oleh Chumchean dkk., (2006) pada penelitiannya bahwa bias pada suatu data curah hujan terjadi akibat adanya kesalahan pengukuran reflektivitas atau kesalahan konversi curah hujan reflektivitas. Misalnya seperti, kesalahan pengambilan sampel ketinggian yang mengarah ke bias yang bergantung pada jarak (Fabry dkk., 1994, Kitchen dkk., 1994, Andrieu dan Creutin, 1995, Fabry dan Zawadzki, 1995, Vignal dan Andrieu, 1999, Vignal dan Krajewski, 2001, Dinku dkk., 2002), kemudian kesalahan kalibrasi elektrik dan kesalahan kuantisasi

reflektifitas (Cluckie et al., 1991) dan masih banyak lagi (Chumchean dkk., 2006). Selain itu, Putri dkk., (2022) pada penelitiannya juga mengatakan bahwa bias pada data satelit dapat terjadi akibat kesalahan algoritma pengambilan data dan sensor, sehingga dibutuhkan koreksi sebelum data tersebut digunakan (Putri dkk., 2022). Koreksi bias merupakan upaya untuk mengurangi atau menghilangkan bias yang ada pada suatu data agar mendekati data yang seharusnya (Suryanto dkk., 2023). Proses untuk membersihkan data dari bias sehingga diperoleh data prediksi dengan bias minimal dan lebih akurat disebut dengan proses koreksi bias statistik. Koreksi bias statistik merupakan teknik untuk mencari hubungan antara data prediksi dan data sebenarnya (Najib & Nurdiati, 2021).

Bias tidak sama dengan *outlier* (pencilan). Menurut Johnson dan Wichern (2007) sebagaimana dikutip dalam Sari, (2021) *outlier* merupakan data dalam satu karakteristik yang tidak biasa, biasanya paling kecil atau paling besar dibandingkan yang lain (Sari, 2021). *Outlier* juga dapat diartikan sebagai pengamatan yang berada jauh (ekstrim) dari pengamatan – pengamatan lainnya (Makkulau dkk., 2010). Pada dasarnya bias berasal dari kesalahan dalam penelitian atau proses pengumpulan data yang mengarah pada kesalahan sistematis, sedangkan *outlier* adalah titik data yang secara signifikan berbeda dari data lainnya. Bias mempengaruhi keseluruhan hasil penelitian atau analisis data yang menyebabkan kesimpulan yang tidak akurat, sedangkan *outlier* dapat mempengaruhi perhitungan statistik tertentu atau tidak menunjukkan adanya kesalahan.

2.7 Algoritma *Quantile Mapping*

Salah satu metode yang digunakan untuk melakukan koreksi bias adalah *Quantile Mapping*. Algoritma *Quantile Mapping* juga dikenal dengan istilah *Distribution Mapping*. *Quantile Mapping* adalah teknik yang menyesuaikan seluruh distribusi kumulatif data estimasi dengan distribusi kumulatif data penakar hujan menggunakan fungsi transfer (Shukla dkk., 2019). Terdapat tiga langkah untuk melakukan koreksi bias menggunakan metode *Quantile Mapping* yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Najib & Nurdiati, 2021).



Sumber: (Najib & Nurdiani, 2021)

Gambar 1 Skema representasi metode koreksi bias *Quantile Mapping*

Berikut ini rincian mengenai proses koreksi bias yang terdapat pada Gambar 1:

Pertama (a), data prediksi dan aktual diidentifikasi masing-masing distribusinya sehingga diperoleh fungsi kepekatan peluangnya (*Probability Density Function*, PDF). PDF adalah suatu fungsi yang digunakan untuk menggambarkan distribusi probabilitas dari suatu variabel acak kontinu. PDF juga dinyatakan sebagai fungsi yang menghubungkan setiap nilai dalam rentang variabel acak dengan probabilitas relatifnya. Persamaan analitik untuk menggambarkan nilai PDF, yaitu dengan menggunakan persamaan *Kernel Density Function* (KDE). KDE merupakan sebuah metode untuk mengestimasi fungsi kepadatan probabilitas suatu set data. Persamaan nya ditunjukkan pada persamaan (1) berikut (S, 2021).

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left(\frac{x-x_i}{h} \right) \quad (1)$$

dimana,

$\hat{f}(x)$ = estimasi kepadatan probabilitas pada titik x

n = jumlah data

h = *bandwith* yang mengontrol seberapa lebar kernel (lebar bin)

K = fungsi kernel

x_i = titik data ke- i

Untuk menghitung nilai PDF kedua data, dapat dilakukan melalui pendekatan persamaan numerik menggunakan histogram pada persamaan (2) berikut (Helwig, 2017).

$$PDF(i) = \frac{f(i)}{\Delta x \times n} \quad (2)$$

dimana,

$PDF(i)$ = fungsi kepadatan probabilitas sebuah bin tertentu dalam histogram

$$\begin{aligned}
 f(i) &= \text{frekuensi dalam bin-}i \\
 \Delta x &= \text{lebar bin} \\
 n &= \text{total data}
 \end{aligned}$$

Setelah nilai PDF dari kedua data diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *Cumulative Distribution Function* (CDF) nya.

Kedua (b), PDF diintegrasikan sehingga diperoleh fungsi sebaran (*Cumulative Distribution Function*, CDF) masing-masing. CDF adalah fungsi yang digunakan untuk menghitung probabilitas bahwa variabel acak X akan memiliki nilai kurang dari atau sama dengan nilai tertentu X . CDF juga dinyatakan sebagai fungsi yang menghubungkan setiap nilai dalam rentang variabel acak dengan probabilitas kumulatifnya. Persamaan analitik untuk menggambarkan nilai CDF ditunjukkan pada persamaan (3) berikut (Zong, 2006).

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt \quad (3)$$

dimana, pada persamaan (3) diatas menyatakan fungsi probabilitas variabel acak X kurang dari atau sama dengan x . Fungsi tersebut diintegrasikan dari minus tak hingga sampai ke x . Integral tersebut menghitung area di bawah kurva PDF dari nilai terendah ($-\infty$) sampai ke x dan memberikan total probabilitas kumulatif. Untuk menghitung nilai CDF dari kedua data, dapat dilakukan melalui pendekatan persamaan numerik menggunakan persamaan *the midpoint rule*. Persamaan *the midpoint rule* merupakan metode numerik untuk mengestimasi nilai dari sebuah integral tertentu. Berikut persamaannya pada persamaan (4) berikut (Thangarajah, 2018).

$$CDF(i) = \sum_{i=1}^n f(xi)\Delta x \quad (4)$$

dimana,

$$\begin{aligned}
 CDF(i) &= \text{fungsi distribusi kumulatif di titik ke-}i \\
 f(xi) &= \text{fungsi kepadatan probabilitas (PDF) di titik ke-}i \\
 \Delta x &= \text{lebar bin}
 \end{aligned}$$

Setelah nilai CDF dari kedua data diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai kuantil nya.

Ketiga (c), mengambil nilai kuantil dari masing-masing CDF yang telah dihitung sebelumnya. Nilai kuantil adalah nilai yang sesuai dengan persentil tertentu dari distribusi. Misalnya, kuantil ke-50 adalah nilai yang sama dengan atau lebih besar dari 50% nilai dalam distribusi dengan cara mencari invers dari fungsi CDF untuk mendapatkan nilai kuantil. Persamaan analitik untuk menggambarkan nilai kuantil ditunjukkan pada persamaan (5) berikut menurut Gudmundsson (sebagaimana dikutip dalam Romadhoni dkk., 2021).

$$P_0 = F_0^{-1}(F_m(P_m)) \quad (5)$$

dimana,

P_0 = kuantil data yang dikoreksi

F_0 = fungsi CDF data yang dikoreksi

F_m = fungsi CDF data referensi

P_m = kuantil data referensi

Untuk menghitung nilai kuantil dari kedua data, dapat dilakukan melalui pendekatan persamaan numerik menggunakan persamaan interpolasi linier. Hal tersebut dikarenakan interpolasi linier dapat melakukan penyesuaian dan estimasi nilai pada posisi kuantil yang tidak tersedia dalam data. Seperti yang dikatakan oleh Qian & Chang, (2021) pada penelitiannya bahwa interpolasi linier diterapkan untuk mendapatkan nilai kuantil untuk tingkat yang tidak termasuk dalam data (Qian & Chang, 2021). Interpolasi merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai fungsi antara dua nilai yang diketahui. Sedangkan ekstrapolasi merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai fungsi di luar rentang nilai yang diketahui. Berikut persamaan nya pada persamaan (6) berikut:

$$v = v_1 + (x - x_1) \frac{(v_2 - v_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (6)$$

dimana,

v = kuantil yang dicari

v_1 = nilai bin bawah

v_2 = nilai bin atas

x_1 = nilai CDF bawah

x_2 = nilai CDF atas

x = nilai yang mewakili kuantil data referensi

Setelah nilai kuantil dari kedua data diperoleh, langkah selanjutnya yaitu membentuk fungsi transfer nya. Persamaan analitik yang menggambarkan fungsi transfer ditunjukkan pada persamaan (7), yaitu (Gudmundsson dkk., 2012).

$$P_0 = h(P_m) \quad (7)$$

dimana,

P_0 = kuantil data yang dikoreksi

h = fungsi transfer

P_m = kuantil data referensi

Setelah fungsi transfer diperoleh, data yang dikoreksi dievaluasi pada fungsi transfer yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (8), yaitu (Najib & Nurdiati, 2021).

$$X_c = h(X) \quad (8)$$

dimana,

X_c = data prediksi sesudah dikoreksi

X = data prediksi sebelum dikoreksi

h = fungsi transfer

Untuk menghitung data terkoreksi bias, dapat dilakukan melalui pendekatan persamaan numerik menggunakan persamaan interpolasi linier. Berikut persamaannya pada persamaan (9) berikut:

$$z = y_0 + \frac{(x - x_0)(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)} \quad (9)$$

dimana,

z = hasil data terkoreksi

x_1 = nilai kuantil terdekat pada rentang kuantil data yang dikoreksi

x_0 = nilai kuantil terdekat pada rentang kuantil data yang dikoreksi

y_1 = nilai kuantil yang sesuai pada rentang kuantil data referensi

y_0 = nilai kuantil yang sesuai pada rentang kuantil data referensi

x = nilai data yang akan dikoreksi

y = nilai data referensi

Dengan demikian, fungsi transfer tersebut akan menghasilkan suatu nilai curah hujan yang terkoreksi bias.

2.8 Website

Website merupakan sebuah media yang memiliki banyak halaman yang saling terhubung (*hyperlink*), dimana *website* memiliki fungsi dalam memberikan informasi berupa teks, gambar, video, suara, dan animasi atau penggabungan dari semuanya. *Website* dapat dibangun dalam mode *localhost* yang berarti *website* dapat dirancang, dibangun, dan dimodifikasi tanpa menggunakan jaringan internet. Dalam pembuatan sebuah *website* sampai pada mode publikasi ke internet ada beberapa aplikasi yang dibutuhkan, diantaranya adalah *database* (MySQL, Oracle), *Web Server Apache*, *PHP Editor* (Macromedia, Notepad++), dan *browser*. *Website* atau aplikasi berbasis web umumnya dibangun menggunakan bahasa pemrograman seperti *Hypertext Preprocessor* (PHP) dan *Active Server Pages* (ASP) yang dikombinasikan dengan *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheet* (CSS), dan *Javascript* (Elgamar, 2020).

2.9 RMSE (Root Mean Square Error)

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan atau menyatakan ukuran besarnya kesalahan suatu model data. RMSE telah banyak digunakan sebagai standar metrik statistik untuk mengukur kinerja model dalam penelitian meteorologi, kualitas udara, dan iklim (Kristantri dkk., 2022). RMSE metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur seberapa akurat suatu model statistik atau prediksi dalam memperkirakan nilai yang sebenarnya. Adapun rumus RMSE pada persamaan (10) berikut (Pratama dkk., 2022).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (10)$$

dimana,

RMSE = *Root Mean Square Error*

x_i = data curah hujan hasil estimasi

y_i = data curah hujan hasil pengukuran aktual

n = jumlah data

RMSE mengukur selisih antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai yang sebenarnya, kemudian menghitung akar kuadrat dari rata-rata dari selisih

kuadrat tersebut. Nilai RMSE dapat digunakan untuk membandingkan *error* dan kedekatan hasil koreksi metode *Quantile Mapping*. Semakin kecil nilai RMSE dari suatu data, maka tingkat kesalahan pada suatu model semakin sedikit.

2.10 R^2 (*Coefficient of Determination*)

Coefficient of Determination (R^2) adalah ukuran korelasi antara nilai yang diamati dan yang dikoreksi. Nilai R^2 dapat digunakan untuk membandingkan *error* dan kedekatan hasil koreksi metode pemetaan kuantil. R^2 mendeskripsikan proporsi dari total varian dalam data observasi yang dapat dijelaskan oleh model persamaan (11) berikut (Romadhoni dkk., 2021).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (11)$$

dimana,

x_i = data observasi

\bar{x} = rata – rata data observasi

y_i = data hasil simulasi

\bar{y} = rata – rata data hasil simulasi

Nilai koefisien determinasi adalah di antara nol sampai satu (0 – 1). Nilai R^2 yang kecil berarti kemampuan variabel – variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen amat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variabel – variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel dependen (Natoen dkk., 2018).

2.11 Koefisien Korelasi *Pearson*

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), korelasi adalah hubungan timbal balik atau sebab-akibat. Korelasi mengacu pada ukuran sejauh mana dua variabel berkaitan. Koefisien korelasi pearson (r) menunjukkan tingkat keeratan dan arah hubungan linier dari dua variabel, yaitu variabel dependen (Y) dan variabel independen (X). Variabel dependen (Y) adalah variabel terikat, sedangkan variabel independen (X) adalah variabel bebas (Kristantri dkk., 2022). Variabel X merupakan data curah hujan observasi sedangkan variabel Y adalah data curah

hujan prediksi. Berikut adalah persamaan (12) untuk koefisien korelasi *pearson* (Romadhoni dkk., 2021).

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (12)$$

dimana,

r = nilai korelasi *pearson*

x = nilai data observasi

y = nilai data prediksi

n = jumlah data

Tingkat keeratan hubungan dua variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Tingkat hubungan data curah hujan

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00 – 0.199	Sangat Rendah
0.20 – 0.399	Rendah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1.00	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2007)

Berdasarkan Tabel 2 diatas, menunjukkan bahwa semakin nilai korelasi mendekati 1 atau -1, maka hubungan antara kedua variabel tersebut semakin kuat. Nilai koefisien korelasi (r) berada pada rentang -1 dan 1 dengan nilai optimal 1 dan nilai 0 menunjukkan tidak ada korelasi.