

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklm dunia secara menyeluruh sedang mengalami kerusakan sebagai konsekuensi dari aktivitas manusia. Hal ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas-gas yang menghalangi pantulan energi sinar matahari dari bumi yang menyebabkan peningkatan efek rumah kaca dan mengakibatkan bumi, planet yang kita huni menjadi lebih panas (Keman, 2007) . Sejak tahun 1850-an ketika pencatatan suhu dimulai, dunia telah menghangat sekitar $0,6^{\circ}\text{C}$, sebagian besar dalam 3 dekade terakhir. Panel antar pemerintah tentang Perubahan Iklim PBB (IPCC) memproyeksikan peningkatan antara $1,8^{\circ}\text{C}$ dan $5,8^{\circ}\text{C}$ dan peningkatan permukaan laut antara 9 dan 88 cm selama abad berikutnya. Pemanasan cenderung lebih besar di kutub daripada di khatulistiwa. Waktu tinggal di atmosfer karbon dioksida melebihi 100 tahun, oleh karena itu tindakan kita mempengaruhi prospek generasi mendatang (Haines & Patz, 2004).

Banyak penelitian berfokus pada dampak peningkatan suhu dan konsekuensinya, seperti berkurangnya luasan salju dan peningkatan permukaan laut, namun, variabel iklim lainnya, seperti curah hujan dan frekuensi kejadian ekstrem juga berubah, meskipun besarnya perubahan ini sangat berbeda antar wilayah, sehingga dampaknya lebih sulit diprediksi. Negara Indonesia mendapat

banyak perhatian sebagai negara penghasil emisi gas rumah kaca terbesar ketiga di dunia, yang merupakan akar penyebab perubahan iklim global saat ini.

Negara Indonesia terletak pada 6° LU – 11° LS dan 95° BT - 141° BT merupakan negara yang terletak di garis lintang katulistiwa antara Asia Tenggara dan Australia, serta di garis bujur antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia yang menyebabkan Indonesia hanya mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Negara Indonesia memiliki sumber daya alam yang subur, degradasi lingkungan terus berlanjut dengan kecepatan tinggi, dan tidak seperti di sebagian besar negara industri, emisi gas rumah kaca Indonesia sebagian besar disebabkan oleh kebakaran hutan dan degradasi lingkungan. Sebagai negara yang sangat rentan terhadap perubahan iklim, Indonesia harus beradaptasi dengan berbagai tekanan lingkungan tersebut. Indonesia juga telah menjadi yang terdepan dalam sorotan internasional karena keinginan negara tersebut untuk mengurangi emisi rumah kaca sekitar 26 persen menurut (Bank Dunia, 2010 dalam Chimobi, 2010).

Perubahan iklim di Indonesia tidak hanya berdampak pada lingkungan negara, tetapi juga sangat mempengaruhi masyarakat dan pembangunannya. Perekonomian Indonesia telah berkembang. Dalam (Chimobi, 2010) perubahan iklim di Indonesia juga mendapat perhatian dunia ketika Pemerintah Indonesia menjadi tuan rumah Konferensi Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa-Bangsa di Bali pada Desember 2007 pada konferensi tersebut mengumpulkan sekitar 10.000 peserta untuk membahas solusi atas masalah perubahan iklim di Indonesia dan

global. Efek rumah kaca di Indonesia juga sangat berpengaruh dalam perubahan cuaca di Indonesia yang berdampak sangat besar. Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas Karbondioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini terjadi akibat kenaikan pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara, dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk mengabsorpsinya. Bahan-bahan di permukaan bumi yang berperan aktif untuk mengabsorpsi hasil pembakaran tadi ialah tumbuh-tumbuhan, hutan, dan laut (Pratama & Kunci, 2019).

Peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* sebagian besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia. Suhu permukaan global akan meningkat 1.1 hingga 6.4 °C antara tahun 1990 dan 2100 (Lim et al., 2007). Dengan menggunakan model iklim, perbedaan dalam jumlah perkiraan disebabkan oleh penggunaan skenario yang berbeda terkait dengan emisi gas rumah kaca di masa depan, serta model sensitivitas iklim yang berbeda. Oleh karena itu, dibutuhkan kesiapan pemerintah untuk mengurangi efek rumah kaca di Indonesia.

Dampak perubahan iklim di Indonesia telah dirasakan oleh berbagai lapisan masyarakat. Anomali iklim dan musim pada tahun 2010 adalah salah satu contohnya. Sepanjang tahun itu, hujan terus mengguyur seluruh wilayah Indonesia sekalipun daerah tersebut mengalami musim adaptasi dan mitigasi perubahan iklim

di Indonesia 84 kemarau. Dampak perubahan iklim telah menyebabkan terjadinya anomali dan iklim di Indonesia (Aldrian et al., 2011). Perubahan temperature udara berdampak pada tingkat kenyamanan manusia, seperti pada kelembaban udara *Relative Humadity* (RH) yang berubah di Indonesia

Relative Humadity (RH) adalah rasio tekanan parsial uap air yang ada dalam gas dengan tekanan uap jenuh air pada saat itu suhu atau jumlah uap air yang ada di udara (gas) dinyatakan sebagai persentase dari jumlah yang dibutuhkan untuk saturasi pada saat yang sama suhu (Alanoly, 2008). Di Indonesia suhu kenyamanan adalah $28,5 + 1,5$ °C Ta dan kelembaban relatif (RH) $60\% +$ untuk *Relative Humadity* (RH) untuk suhu kenyamanan yang dirancang adalah $25,5$ °C Ta, dengan kisaran $+1,5$ °C Ta, dan kelembaban relatif $60\% + 5\%$ untuk tempat kerja. Untuk ruang semi outdoor, seperti lobi atau area sementara, desainnya 10% . (Karyono, 2015). Tingkat kenyamanan *Tempertaure humadity index* (THI) dalam hal ini juga ikut serta berpengaruh dari perubahan iklim di Indonesia karena berdampak pada aktivitas manusia

Tempertaure humadity index (THI) adalah indeks kenyamanan yang menggabungkan faktor suhu udara dan suhu bola basah yang kemudian dimodifikasi Nieuwolt THI dengan menggabungkan suhu udara dan kelembaban relatif dalam bentuk persamaan (Kakon et al., 2010). Suhu menjadi parameter iklim yang sangat berpengaruh terhadap kenyamanan yang dirasakan oleh manusia. Semakin meningkat suhu udara hingga melebihi batas tertentu, nyaman yang dirasakan oleh manusia akan semakin berkurang karena sensasi panas dari suhu

udara akan terlalu besar dirasakan manusia. Sebaliknya semakin menurun suhu hingga batas tertentu, maka kenyamanan yang dirasakan manusia juga akan semakin menurun karena terlalu dingin (Kurnia, 2019). Tingkat kenyamanan terhadap perubahan temperature udara di Indonesia sangat signifikan terhadap kelangsungan hidup masyarakat di Indonesia.

Kenyamanan merupakan segala sesuatu yang dapat memperlihatkan kesesuaian atau harmonisasi dalam menggunakan suatu ruang atau tempat tertentu yang di dalamnya terdapat suasana (Hamidy et al., 2021). Menurut Carpenter Walker and Lanphear 1975 dalam (Sumarsono, 2014) Zona nyaman bagi manusia akan terbentuk ketika suhu udara berfluktuasi antara 21.126,7 C, kecepatan angin 0,10,5 m/s1 dan kelembaban antara 20 dan 70%. Peningkatan kelembaban udara dan suhu udara menyebabkan penurunan kenyamanan pada suatu daerah, kondisi yang kurang menguntungkan bagi masyarakat untuk melakukan aktivitasnya karena produktivitas tenaga kerja manusia cenderung menurun atau rendah di daerah tersebut. atau terlalu panas.

Diperlukan suatu model yang dapat mensimulasikan iklim, memprediksi perubahan-perubahan iklim yang terjadi pada masa lampau, sekarang, dan membuat skenario perubahan iklim masa yang akan datang dengan melibatkan informasi data dalam skala besar seperti *Earth System Models* (ESM). Pada intinya, ESM memiliki komponen atmosfer dan laut dari GCM, namun untuk ini ditambah representasi dari siklus karbon global, vegetasi dinamis, kimia atmosfer, bio-geokimia laut, dan

bahkan lapisan es benua.(Hurrell et al., 2013). ESM berskala global belum mampu mempersentasikan cuaca di Indonesia dengan skala local.

Resolusi yang di dapatkan dari ESM terlalu rendah, akibatnya sulit untuk memprediksi curah hujan maupun perubahan iklim yang memerlukan resolusi sangat tinggi,dibutuhkan suatau yang dapat menurunkan skala grid dan koreksi bias pada ESM. Terdapat teknik yang sering digunakan dalam dunia klimatologi untuk menurunkan skala spasial sampai ketingkat regional yaitu *downscaling*. Teknik *downscaling* adalah teknik yang digunakam untuk memperkirakan proyeksi iklim dengan resolusi lebih tinggi dari output iklim model iklim global (Abhishek Gaur,2019). Terdapat dua jenis teknik *downscaling* yaitu *dynamic downscaling* dan *statistical downscaling* (SD). Metode statistical downscaling (SD) didasarkan pada asumsi bahwa iklim regional dikendalikan oleh dua faktor yaitu: kondisi iklim skala besar (resolusi rendah) dan kondisi/karakteristik fisiografik regional/lokal menurut (Von Storch et al. 1999).

Metode *statistical downsacalling* adalah metode yang efisien dan efektif dengan salah satunya adalah metode *climate-imprint*. Beberapa penelitian tentang statistik downscaling diantaranya Stephen R. Sobie dan Trevor Q. Murdock (2017) tentang Penurunan Skala Statistik Resolusi Tinggi di British Columbia Barat Daya dengan metode *climate-imprint*. Dalam penelitian ini menghasilkan Nilai resolusi yang lebih tinggi (800 m) kemudian dihasilkan menggunakan *climate-imprint* yang lebih sederhana dalam hubungannya dengan suhu dan klimatologi curah hujan dari *Parameter-Elevation Regression on Independent Slopes Model* (PRISM).

Statistical Downscaling masih menghasilkan hasil yang kurang maksimal untuk menguranginya dibutuhkan koreksi bias dengan tujuan memperkecil bias hasil downscaling agar lebih representative terhadap iklim local. Menurut penelitian (Fatkhurokhman Fauzi, 2020) koreksi bias / *Constructed Analogues with Quantile Mapping* (BCCAQ) adalah metode *downscaling hybrid* yang menggunakan output dari CA dan pemetaan kuantil pada resolusi skala tinggi. *Constructed Analogues* (CA) dan *Climate Imprint* (CI) plus QDM dijalankan secara independen. BCCAQ memberikan representasi yang lebih baik daripada (BCCA), double BCCA (DBCCA), *bias correction and spatial downscaling* (BCSD), BCSD menggunakan suhu minimum / maksimum (BCSDX), *Climate Imprint* (CI), dan *corrected bias* (BCCI) .Metode BCCAQ diterapkan untuk menurunkan dan mengoreksi bias skala simulasi harian suhu dan curah hujan 10 km sampai 800m, hasilnya BCCAQ mampu mengurangi kesalahan pengamatan. Untuk mengurangi hasil koreksi bias agar memperkecil hasil bias dibutuhkan pendekatan regresi nonparametrik dengan pendekatan deret fourier.

Selanjutnya dilakukan regresi antara hasil proyeksi data ESM sebagai variabel predicator dan kelembaban udara sebagai variabel respon. Oleh karena data iklim pada umumnya bersifat nonlinier, nonstasioner, dan nonnormal, maka diperlukan metode regresi yang tidak mensyaratkan kondisi data yang linier, stasioner, dan berdistribusi normal. Pendekatan regresi nonparametrik telah banyak dikembangkan, salah satunya yaitu dengan deret fourier. Kelebihan pendekatan regresi nonparametrik deret fourier adalah mampu mengatasi data dengan fungsi yang mempunyai sebaran trigonometri cosinus, oleh sebab itu *statistical*

downscaling dengan regresi nonparametrik deret fourier dapat menjelaskan keragaman temporal dan nilai ekstrim dari data iklim.

Penelitian terdahulu tentang *statistical downscaling* pernah dilakukan oleh Crane dan Hewitson (1998) melakukan penelitian dengan menggunakan pendekatan disebut perluasan *downscaling* untuk meningkatkan varians seri prediktor yang disimulasikan di bawah prediksi varians sering dikaitkan dengan pendekatan regresi. Dengan tujuan untuk penurunan curah hujan harian karena yang relatif rendah adalah prediktabilitas jumlah lokal dengan memaksa skala besar. (F. Fauzi et al., 2020) melakukan penelitian tentang koreksi bias dan *statistical downscaling*, pada data luaran ESM untuk proyeksi curah hujan dan temperature maksimum di Indonesia. Selanjutnya (Hadijati et al., 2016) melakukan penelitian *statistical downscaling* untuk prediksi curah hujan bulanan Stasiun Sembalun menggunakan pendekatan regresi nonparametrik kernel yang memberikan pola prediksi curah hujan yang relatif sama, bahwa terdapat konsistensi dalam prediksi menggunakan empat panjang data historis yang berbeda.

Berdasarkan uraian di atas belum terdapat penelitian yang secara eksplisit untuk menganalisis koreksi bias temperatur rata-rata dan *relative humidity* (RH) di Indonesia. Maka pada penelitian ini dilakukan koreksi bias hasil *statistical downscaling* dengan pendekatan regresi non parametrik deret *fourier* dengan menggunakan data temperature dan kelembaban udara di Indonesia dengan data reanalisis MERRA-2 dan data model CSIRO-MK3.6.0 MK 3.6.0 bersumber dari *Earth System Grid Federasi* (ESGF) dengan skenario RCP4.5.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pemodelan *statistical downscaling* dengan metode Regresi nonparametrik deret fourier pada variabel temperature dan *relative humidity*?
2. Bagaimana evaluasi hasil koreksi bias dengan metode Regresi nonparametrik deret fourier pada variabel temperature dan *relative humidity*?
3. Bagaimana gambaran *Temperature Humadity Index* (THI) Indonesia dibawah skenario perubahan iklim?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini ingin mencapai tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan pemodelan *statistical downscaling* dengan metode Regresi nonparametrik deret fourier pada variabel temperature dan *relative humidity*.
2. Untuk evaluasi hasil koreksi bias dengan metode Regresi nonparametrik deret fourier pada variabel temperature dan *relative humidity*.
3. Untuk mendapatkan gambaran *Temperature Humadity Index* (THI) Indonesia dibawah skenario perubahan iklim.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Membantu perkembangan ilmu pengetahuan metode *statistical downscaling* sehingga dapat digunakan sebagai bahan bacaan dan referensi bagi pembaca dalam melakukan penelitian yang berhubungan dengan *statistical downscaling* terutama penggunaan metode koreksi bias dengan pendekatan regresi nonparametrik deret fourier pada proyeksi tingkat kenyamanan terhadap perubahan iklim

2. Manfaat Praktis

1. Bagi Pemerintah

Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada Pemerintah dalam mendapatkan proyeksi iklim (*temperature* dan *Relative Humadity*) yang telah terkoreksi bias.

2. Bagi Mahasiswa

Sebagai acuan untuk pengembangan secara penulisan maupun penelitian baik mengenai tingkat kenyamanan dibawah scenario perubahan iklim maupun metode regresi nonparametrik deret fourier.

3. Bagi Umum

Dapat dijadikan sebagai informasi mengenai proyeksi tingkat kenyamanan di Indonesia dibawah scenario perubahan iklim dan bagaimana klasifikasinya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Wilayah yang diteliti adalah Indonesia
2. Data yang diteliti dalam penelitian ini adalah data temperature rata-rata kelembaban relative udara di wilayah Indonesia. Data tersebut merupakan data skenario dan data reanalisis. Data diperoleh dari *Earth System Grid Federasi* (ESGF) scenario RCP4.5 dengan temperature variabel temperature rata-rata harian dan kelembababn relatif udara harian. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah CSIRO-MK3.6.0 dan data reanalisis dari *Global Earth Sciences Data And Information Service Center* (GES DISC) yang merupakan data MERRA-2.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Statistical Downscalling*, koreksi bias dan regresi nonparametrik deret fourier.
4. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Panoply*, *Phyton* dan RStudio.