

Analisis regresi linier sederhana tren temperatur menggunakan Bahasa R: studi kasus Kota Palembang 1991-2020

HSAN ALFIKRO¹, HARISDIANTO², ASSAIDAH ADNAN¹, AZHAR KHOLIQ AFFANDI¹, DEDI SETIABUDIDAYA^{1*}

¹Program Studi Magister Fisika, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862, Indonesia; ²Program Studi Sistem Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Sains Nahdhatul Ulama, Sumatera Selatan 30129, Indonesia

<p>Kata kunci: pemanasan global, tren temperatur, regresi linier</p>	<p>ABSTRAK: Pemanasan global merupakan masalah prioritas dunia saat ini, yang mana temperatur rerata Bumi terus menerus menunjukkan peningkatan. Berbagai penelitian menunjukkan pengaruh yang berimbas buruk pada lingkungan di Bumi akibat peningkatan rerata temperatur Bumi. Studi ini menyajikan tren temperatur dengan lingkup kecil, daerah perkotaan, dengan mengambil titik observasi 2,9° LU dan 104,7° BT di Kota Palembang selama 30 tahun, dari tahun 1991-2020. Analisis regresi linier masing-masing menunjukkan adanya peningkatan temperatur sebesar 0,4°C dan 0,46°C pada variabel temperatur permukaan (TS) dan temperatur udara pada 2 meter dari permukaan (T2M). Kedua variabel ini dapat menjadi indikator keterjadian pemanasan global pada lingkup kecil daerah observasi.</p>
<p>Keywords: global warming, temperature trend, linear regression</p>	<p>ABSTRACT: Global warming is the most world priority of environment issues, which is indicate continuously increment of global mean temperature of Earth. Various studies have shown a detrimental impact on the earth's environment due to an increase in earth temperature. Our study provides temperature trend of a small-scope observation unit in the urban area of Palembang City at latitude 2.9° and longitude 104.7° for 30 years, from 1991–2020. Linear regression analysis shown the temperature increase on surface temperature (TS) and temperature at 2 meter range (T2M) are 0.4°C and 0.46°C, respectively. These variables can become indicators of the occurrence of global warming within a small scope of observation.</p>

1 PENDAHULUAN

Manusia (*Homo sapiens*) telah memulai pengembaraannya di Bumi sejak ± 200.000 tahun lalu, di pinggir Afrika, tepatnya Levant selatan, yang saat ini dikenal sebagai daerah Mediterania—kumpulan negara yang meliputi Yordania, Israel, Lebanon, dan Syria [1]. Sejak saat itu, berbagai penjuru Bumi telah dikolonisasi oleh ± 8 miliar manusia, mengubah topografi dan iklim Bumi menyesuaikan perkembangan teknologi yang telah dicapai manusia. Salah satu parameter yang dapat dijadikan indikator perubahan iklim Bumi adalah fluktuasi temperatur global, yang bermuara pada pemanasan global (*global warming*). Pemanasan global pada dasarnya sangat alami terjadi, seperti disebabkan oleh erupsi vulkanik, aktivitas matahari, bahkan ekskresi makhluk hidup dapat berujung pada pemanasan global [2].

Namun, kehadiran manusia, setidaknya 200 tahun mempercepat dan memperburuk dampak yang ditimbulkan dari pemanasan global [3]. Hal ini diakibatkan oleh meningkatnya gas-gas rumah kaca di atmosfer, seperti metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), dinitrogen monoksida (N_2O), dan gas-gas fluorinasi (HFC, PFC, SF_6). Gas-gas ini memerangkap sinar matahari dan membuat suhu permukaan Bumi menjadi lebih hangat, sehingga Bumi menjadi planet yang laik ditempati [4]. Namun, konsentrasinya yang berlebihan membuat Bumi menjadi semakin panas. Sehingga kenaikan temperatur suatu wilayah dapat dijadikan indikasi pemanasan global pada wilayah tersebut.

Analisis statistik sangat diperlukan untuk melihat kenaikan temperatur, terlebih jika data memiliki banyak variabel dengan rentang waktu bertahun-tahun. Dunia saat ini telah berbasis data (*data-driven*), sehingga data telah berkembang sangat besar & lebih

* Corresponding Author: dsetiabudidaya@mipa.unsri.ac.id

kompleks, yang dikenal sebagai *big data*. Beberapa *software* seperti Microsoft Excel dan SPSS telah lama menjadi primadona analisis statistik, namun keterbatasan ukuran data menjadi kelemahan kedua *software* ini, terlebih lagi pengguna harus membeli lisensi untuk menggunakannya. Sehingga kebutuhan akan *software open-source* menjadi penting untuk diperhatikan. Studi ini, analisis tren temperatur diolah menggunakan Rstudio, *software open-source*, IDE untuk menulis kode dalam bahasa R [5].

Palembang sebagai Ibu Kota Sumatera Selatan, merupakan pusat perekonomian dan pendidikan provinsi, yang menaungi beragam kegiatan sebanyak 1,5 juta orang lebih. Studi dilakukan pada Kota Palembang dengan menganalisis data temperatur selama 30 tahun terakhir, guna mengetahui tren temperatur di sublingkup kecil global, seperti kota-kota besar. Data yang digunakan didapat dari situs NASA POWER, yang menyediakan data temperatur di 2 meter dari permukaan (T2M) dan data temperatur permukaan bumi (TS) selama 3 dekade, 1991-2020.

2 TEORI PENUNJANG

Pemanasan Global

Melalui definisi yang dirumuskan oleh IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*), sebagai badan di bawah naungan PBB, yang melakukan asesmen terkait isu iklim Bumi, pemanasan global merupakan gabungan peningkatan temperatur rerata dari atmosfer dan muka air laut Bumi selama periode 30 tahunan [6], yang disebabkan oleh serangkaian kejadian kompleks yang saling memengaruhi satu sama lain. Kompleksitas ini meliputi proses absorpsi dan refleksi radiasi matahari di atmosfer Bumi. Radiasi yang seharusnya dipantulkan ke luar angkasa, diserap kembali oleh atmosfer, sehingga menghangatkan permukaan [2]. Pemanasan global dapat berujung pada berbagai kejadian luar biasa yang mengancam banyak jiwa manusia, seperti gagal panen [7], kenaikan muka air laut [8], dan gelombang panas (*heat wave*) [9]. Aktivitas manusia menyumbang kontribusi utama dalam akselerasi pemanasan global, melalui peningkatan emisi gas rumah kaca di atmosfer.

Para ilmuwan sepakat bahwa sejumlah aktivitas manusia berkontribusi terhadap pemanasan global yaitu menambahkan gas rumah kaca dalam jumlah yang berlebihan ke atmosfer, sehingga gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO₂) menumpuk di atmosfer dan memerangkap panas yang biasanya akan keluar ke atmosfer. Panas tersebut kemudian diserap oleh air laut, dan kenaikan SPL dapat menyebabkan pemanasan Global, yang dapat mengakibatkan mencairnya Gletser. Akibat adanya gletser yang mencair

akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia di Bumi. Di samping gletser yang mencair, pemanasan global juga dapat menyebabkan perubahan iklim, cuaca ekstrem, kualitas pangan dan sebagainya. Akibat adanya perubahan iklim, maka semakin banyak terjadi fenomena penyimpangan cuaca seperti badai, angin ribut, hujan deras, serta perubahan musim tanam. Di samping itu kemungkinan adanya ancaman badai tropis, tsunami, banjir, tanah longsor dan kekeringan yang menyebabkan potensi kebakaran jadi meningkat, berbagai jenis ikan punah, terumbu karang rusak, krisis air bersih dan peningkatan penyebaran penyakit parasitis [10].

Bahasa R

Pertama kali dikembangkan oleh 2 mahasiswa asal Universitas Auckland di Selandia Baru, Ross Ihaka dan Robert Gentleman, pada tahun 1990, bahasa R telah secara luas digunakan dalam bidang analisis statistik. Bahasa R didasarkan pada bahasa S, yang 20 tahun lebih dahulu dikembangkan. Dengan sifatnya yang *open-source*, saat ini terdapat 21 orang yang memiliki hak untuk memodifikasi *source code* utama dari R, membentuk grup bernama R Core Team. Selain itu, banyak pengembang lainnya, yang secara individu berkontribusi dalam memperbaiki *bug* dan memudahkan penggunaan bahasa R melalui perilisian *package/library* [11], [12].

Regresi Linier Sederhana

Dalam menyelesaikan penelitian, dibutuhkan alat analisa untuk memberikan jawaban terhadap masalah yang tengah diteliti. Alat analisa ini disesuaikan dengan variabel yang diteliti. Jika penelitian akan mengetahui pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lainnya, maka alat analisa yang bisa digunakan untuk menganalisa salah satunya adalah dengan menggunakan Regresi Linier. Regresi linier menganalisa bagaimana hubungan antar dua variabel atau lebih. Variabel tersebut yakni,

- Variabel independen (bebas), biasa disimbolkan dengan X. Variabel independen adalah variabel yang memengaruhi variabel lain.
- Variabel dependen (terikat), biasanya disimbolkan dengan Y. Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain.

Seperti pada studi ini, mengetahui variabilitas temperatur pada Kota Palembang selama rentang 30 tahun. Dalam hal ini, lama waktu merupakan variabel independen dan temperatur merupakan variabel dependen. Disebut sebagai regresi linier jika diaplikasikan dalam bentuk pertemuan sumbu x dan sumbu y

akan membentuk kurva garis lurus, seperti yang dicontohkan pada Gambar 1.

Pada kasus relasi variabel, dengan satu variabel independen (X), termasuk ke dalam regresi linier sederhana, yang mana mengikuti persamaan regresi linier sebagai berikut,

$$Y = a + bX \quad (1)$$

di mana, a disebut sebagai intersep yang merupakan konstanta yang menunjukkan nilai Y , jika X sama dengan nol (0) dan b merupakan koefisien regresi yang menunjukkan besaran perubahan nilai Y jika terjadi perubahan variabel X [13].

Metode Analisis

Studi ini mengambil daerah di wilayah Kota Palembang, Sumatera Selatan pada titik koordinat $2,9^\circ$ LU dan $104,7^\circ$ BT, seperti pada Gambar 2. Data diunduh pada situs NASA POWER [14], yang meliputi data temperatur di 2 meter dari permukaan (T2M) dan data temperatur permukaan bumi (TS) selama 3 dekade, yaitu 1991-2020.

Temperatur diukur berdasarkan harian (data harian), sehingga total baris data sebanyak 10958 baris. Data diunduh dalam format .csv dan diolah dengan mengimpor data menggunakan bahasa R (versi 4.1.2) [15] pada RStudio dengan menerapkan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui tren temperatur dan melihat persebaran temperatur selama 3 dekade. Sebelum itu, data melalui tahapan *pre-processing*, yang mana merupakan teknik penyempurnaan data mentah (*raw data*) menjadi layak olah pada tahap selanjutnya. Tahap *pre-processing* dilakukan dengan menyesuaikan format waktu (*datetime*) menjadi format standar waktu internasional, yaitu *yyyy-mm-dd*, untuk memudahkan proses visualisasi datanya. Masing-masing variabel lalu divisualisasi terhadap waktu (*datetime*), lalu dianalisis menggunakan metode regresi linier untuk melihat tren temperatur selama 3 dekade. Secara sederhana, keseluruhan proses ditampilkan dalam diagram alir Gambar 3,

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi meliputi analisa terkait dua variabel temperatur, yaitu variabel T2M dan variabel TS. Tren temperatur kedua variabel akan ditetapkan sebagai indikator pemanasan global. Sebelum data diolah, tahap *pre-processing* dilakukan, yang mana di dalamnya termasuk proses impor data menggunakan R.

Pre-Processing

Data yang telah diunduh di situs NASA POWER, perlu diimpor (*import*) ke RStudio untuk bisa diolah. R menawarkan berbagai macam perintah-perintah untuk mengimpor data, dan kami dapati perintah yang ditunjukkan Gambar 4 cukup fleksibel dan sederhana untuk dijalankan,

Perintah `read.csv()` berfungsi untuk membaca data berformat csv (*comma-separated values*), dengan beberapa argumen meliputi `file` untuk menarget file yang berisi data yang ingin diimpor, atau dapat menggunakan `file.choose()` untuk menampilkan kotak dialog baru sehingga memudahkan pengguna memilih data yang akan diimpor sebagai alternatif. Argumen `header=T` memerintahkan R untuk tidak membaca data pada *header*, melainkan menamai kolom-kolom datanya berdasarkan nama *header*, `comment.char="#"` memerintahkan R untuk mengabaikan baris yang diawali dengan tanda #, dan `sep=","` merupakan pemisah (*separator*) antar kolom data per baris. Untuk memudahkan pemanggilan, ada baiknya perintah di atas disetor ke dalam obyek `Temperature`. Untuk melihat data yang telah diimpor, dapat menggunakan perintah `head()`, seperti pada Gambar 5, yang menampilkan enam data teratas pada obyek.

Parameter tanggal masih terpisah berdasarkan tahun (YEAR) dan hari (DOY) dan belum mengikuti format penanggalan internasional. Parameter `T2M_RANGE` memuat angka yang tak menunjukkan ukuran suatu temperatur, sehingga kami menghilangkan parameter ini dari bahasan. Berikut perintah yang digunakan yang ditunjukkan pada Gambar 6,

`ISOdate()` merupakan perintah untuk mengubah data numerik ke dalam format tanggal *yyyy-mm-dd* dan perintah `as.Date()` digunakan agar R mengenali dan dapat membaca data berformat tanggal. Baris kedua sintaks, menghilangkan kolom YEAR, DOY, dan `T2M_RANGE`, dengan menyetorkan nilainya ke fungsi `NULL`. Berikut tampilan data setelah *pre-processing*,

Gambar 7 menunjukkan hasil data setelah di proses, di mana variabel DATE telah diubah menyesuaikan dengan format penanggalan *yyyy-mm-dd*, dengan total data yang diobservasi sebanyak 10958 data, yang dapat diketahui menggunakan perintah `nrow()`. Setelah pemrosesan data dilakukan, program dapat membaca data dan dapat divisualisasi lebih lanjut.

Regresi Linier

Untuk melihat tren temperatur, R memerlukan sekumpulan fungsi eksternal untuk menyediakan perintah-perintah baru yang dapat diakses pengguna. Fungsi tersebut perlu diinstal terlebih dahulu dengan perintah `install.packages()`, lalu baru bisa dipanggil dengan perintah `library()`, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

`ggplot2` merupakan salah satu *package* R yang paling sering digunakan untuk visualisasi data, karena prinsip pemrogramannya mudah dipahami, yaitu *Grammar of Graphics*. Konsep ini memungkinkan pengguna untuk menyusun komponen-komponen grafik independen dengan beragam cara [16]. `ggpubr` merupakan *library* tambahan dalam `ggplot2` untuk menghasilkan grafik kualitas publikasi ilmiah. Dalam studi ini digunakan untuk menampilkan persamaan regresi linier di dalam grafik. Untuk mendukung fungsi `ggpubr`, perlu didefinisikan suatu fungsi yang dapat dipanggil nantinya, yang kami namai sebagai `eq`, sebagaimana terlihat pada Gambar 9.

Temperatur Udara 2 meter dari permukaan (T2M)

Variabel ini mengukur temperatur udara pada titik 2 meter dari permukaan bumi, dengan pengukuran di Kota Palembang meliputi rerata temperatur sebesar $26,16^{\circ}\text{C}$, minimum sebesar $22,64^{\circ}\text{C}$, dan maksimum pengukuran sebesar $29,68^{\circ}\text{C}$, yang dapat diketahui menggunakan perintah `summary()`, ditunjukkan pada Gambar 10.

Persamaan regresi linier untuk variabel T2M yaitu,

$$y = 26 + 4,1 \times 10^{-5} \cdot x \quad (2)$$

yang dapat ditampilkan dengan perintah `lm()`, di mana perintah ini memodelkan variabel DATE sebagai sumbu x dan variabel T2M sebagai sumbu y ke persamaan linier, sebagaimana pada Gambar 11, melalui persamaan ini, terdapat kenaikan suhu selama 3 dekade terakhir, terlihat dari *slope* yang bernilai positif, yaitu $4,2 \times 10^{-5}$ dan intersep bernilai 26, yang secara visual dapat dilihat pada Gambar 12, dengan sintaks yang ditunjukkan pada Gambar 13.

Kenaikan temperatur udara tercatat sebesar $0,46^{\circ}\text{C}$ selama 3 dekade terakhir di Kota Palembang, yang mana hal ini dapat menjadikannya sebagai indikator asesmen pemanasan global berdasarkan variabel T2M. Angka ini dihitung dari perkalian antara *slope* dan total data observasi sebagaimana persamaan regresi linier variabel T2M yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

Data Temperatur Permukaan (TS)

Variabel ini merupakan data pengukuran terkait temperatur permukaan tanah di Kota Palembang, meliputi rerata temperatur sebesar $26,48^{\circ}\text{C}$ selama 3 dekade observasi, dengan maksimum dan minimum temperatur mencapai $30,34^{\circ}\text{C}$ dan $22,62^{\circ}\text{C}$. Persamaan regresi linier untuk variabel ini, yaitu

$$y = 26 + 3,7 \times 10^{-5} \cdot x \quad (3)$$

yang dapat ditampilkan dengan perintah `lm()`, di mana memodelkan variabel DATE sebagai sumbu x dan variabel TS sebagai sumbu y ke persamaan linier, sebagaimana pada Gambar 14.

Tercatat kenaikan pada variabel temperatur permukaan, terlihat *slope* yang bernilai positif, yaitu sebesar $3,7 \times 10^{-5}$, dengan intersep bernilai 26. Pemodelan variabel TS ditunjukkan pada Gambar 15, dengan sintaksnya ditampilkan pada Gambar 16.

Kenaikan temperatur permukaan selama 3 dekade tercatat sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$, sedikit lebih kecil dibanding variabel T2M, namun maksimum temperatur variabel TS melebihi variabel T2M, yang telah mencapai $30,34^{\circ}\text{C}$. Kedua variabel sama-sama menunjukkan kenaikan temperatur selama 3 dekade terakhir. Kenaikan serupa juga dilaporkan oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) yang mengukur suhu selama 1981-2018 di puluhan stasiun pengamatan di berbagai wilayah Indonesia, yang menunjukkan kenaikan $0,03^{\circ}\text{C}$ tiap tahunnya [17].

Fungsi Probabilitas Kerapatan (*Density Probability Function*)

Sebaran temperatur variabel T2M dan TS seperti terlihat pada Gambar 17, memperlihatkan sebaran variabel TS yang sedikit cenderung ke kanan, dibanding pada variabel T2M, yang sedikit cenderung ke kiri. Rerata temperatur relatif sama antar kedua variabel, yaitu terpusat pada suhu 26°C , dengan sebaran yang lebih banyak pada variabel T2M. Rerata temperatur 26°C , menunjukkan nilai tak jauh bergeser dibanding tetapan temperatur ruang, 25°C didasarkan pada definisi oleh Lembaga Perlindungan Lingkungan (EPA) Amerika Serikat [18].

Hal ini tidak menyimpang dari rerata pengukuran temperatur tahunan di Indonesia yang berada pada 27°C , di mana pengukuran dilakukan oleh BMKG Indonesia [17]. Studi serupa dilakukan oleh Purwan-tara, 2018, di daerah Parangtritis yang menunjukkan kenaikan suhu rerata dengan membandingkan dua periode dekade berbeda, yaitu 1978-1987 dan 2001-2010, dengan masing-masing suhu rerata terukur 27°C dan $28,3^{\circ}\text{C}$ [19].

Sintaks untuk menghasilkan sebaran temperatur ditampilkan pada Gambar 18.

4 KESIMPULAN

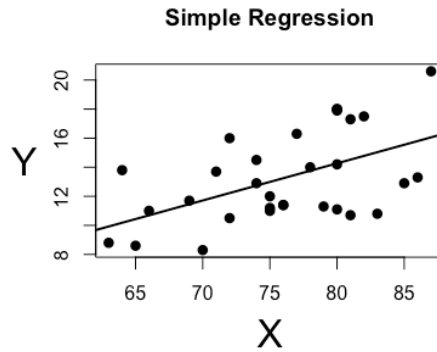
Studi ini secara singkat telah menunjukkan tren kenaikan temperatur, yang menjadi salah satu indikasi pemanasan global. Variabel TS (temperatur permukaan) dan T2M (temperatur udara 2 meter dari permukaan) yang bersumber dari NASA POWER, digunakan dan dianalisis untuk melihat tren temperatur. Keduanya mengalami kenaikan selama 3 dekade terakhir, dengan masing-masing kenaikan sebesar 0,4°C dan 0,46°C, di mana pengukuran oleh BMKG juga menunjukkan kenaikan serupa. Hal ini dapat menjadi indikasi kuat bahwa benar pemanasan global telah terjadi, bahkan di lingkup kecil seperti Kota Palembang.

Selain itu, R menghadirkan analisis akurat dengan proses mudah dan cepat, serta ringan. Implementasi R dalam analisis parameter cuaca sangat mungkin dilakukan ke depannya, karena sifatnya yang *open-source*, sehingga mudah diakses siapapun.

REFERENSI

- [1] J.-J. Hublin, "How old are the oldest *Homo sapiens* in Far East Asia?," *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 118, no. 10, p. e2101173118, Mar. 2021, doi: 10.1073/pnas.2101173118.
- [2] C. Smith, *Environmental Physics*. London: Routledge, 2005.
- [3] Indarto, B. Susanto, and E. M. Diniardi, "Analisis Kecenderungan Data Hujan di Jawa Timur Menggunakan Metode Mann-Kendal & Rank-Sum Test," *JTEP*, vol. 25, no. 1, pp. 19–28, Apr. 2011, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj8_cK17dmFAxVNZmwGHZ-sTBzMQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fjournal.ipb.ac.id%2Findex.php%2Fjtep%2Farticle%2Fdownload%2F7381%2F5737&usg=AOvVaw0NEh9UJ_pxlwKio2eltu3u&opi=89978449
- [4] P. P. Simanjuntak and A. Safril, "Tren Curah Hujan dan Suhu Udara Ekstrem Masa Depan (Periode 2021-2030) berdasarkan Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 di Kota Palu," *JlIF*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, Feb. 2020, doi: 10.24198/jlif.v4i1.23846.
- [5] E. Kaya, M. Agca, F. Adiguzel, and M. Cetin, "Spatial data analysis with R programming for environment," *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, vol. 25, no. 6, pp. 1521–1530, Aug. 2019, doi: 10.1080/10807039.2018.1470896.
- [6] M. R. Allen *et al.*, "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty," in *Framing and Context*, Cambridge University Press, 2018, pp. 49–92. Accessed: Mar. 18, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1017/9781009157940.003>
- [7] F. Wang, C. Zhan, and L. Zou, "Risk of Crop Yield Reduction in China under 1.5 °C and 2 °C Global Warming from CMIP6 Models," *Foods*, vol. 12, no. 2, p. 413, Jan. 2023, doi: 10.3390/foods12020413.
- [8] T. M. Letcher, "1 - Why do we have global warming?," in *Managing Global Warming*, T. M. Letcher, Ed., Academic Press, 2019, pp. 3–15. doi: 10.1016/B978-0-12-814104-5.00001-6.
- [9] R. Lu, K. Xu, R. Chen, W. Chen, F. Li, and C. Lv, "Heat waves in summer 2022 and increasing concern regarding heat waves in general," *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, vol. 16, no. 1, p. 100290, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.aosl.2022.100290.
- [10] A. S. Mulyani, "Antisipasi Terjadinya Pemanasan Global dengan Deteksi Dini Suhu Permukaan Air menggunakan Data Satelit," *cen*, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, May 2021, doi: 10.33541/cen.v2i1.2807.
- [11] T. M. Davies, *The Book of R: A First Course in Programming and Statistics*. San Francisco: No Starch Press, 2016.
- [12] A. De Vries and J. Meys, *R for Dummies*, 2nd edition. in --For dummies. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2015.
- [13] B. Darma, *Statistika Penelitian menggunakan SPSS (Uji Validitas, Uji Reliabilitas, Regresi Linier Sederhana, Regresi Linier Berganda, Uji t, Uji F, R2)*. GUEPEDIA, 2021.
- [14] NASA, "NASA POWER | Data Access Viewer." Accessed: Mar. 21, 2023. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [15] R. C. Team, "R: A Language and Environment for Statistical Computing." R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>
- [16] H. Wickham, *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, NY: Springer New York, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-98141-3.
- [17] BMKG, "Tren Suhu | BMKG," BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=tren-suhu&lang=ID>
- [18] H. E. Burroughs and S. J. Hansen, *Managing Indoor Air Quality*, 5th ed. Lilburn, GA : Boca Raton, FL: Fairmont Press : Distributed by Taylor & Francis, 2011.
- [19] S. Purwantara, "Studi Temperatur Udara Terkini di Wilayah di Jawa Tengah dan DIY," *GM*, vol. 13, no. 1, p. 12, Mar. 2018, doi: 10.21831/gm.v13i1.4476.

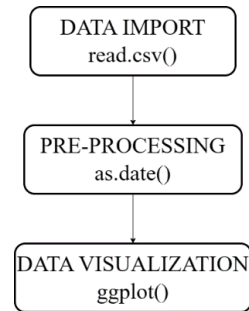
LAMPIRAN



Gambar 1. Contoh Regresi Linier Sederhana



Gambar 2. Titik pengambilan data



Gambar 3. Diagram alir penelitian

```

# Read data
Temperature <- read.csv(file = "Temp Data 30years.csv", header = T,
                        comment.char = "#", sep = ",")
    
```

Gambar 4. Proses Impor Data ke Obyek 'Temperature'

```

> head(Temperature)
  YEAR DOY  T2M T2M_RANGE  TS
1 1991   1 25.69  -268.12 25.76
2 1991   2 25.85  -267.39 25.96
3 1991   3 25.74  -267.16 25.88
4 1991   4 25.66  -268.06 25.76
5 1991   5 25.64  -268.28 25.74
6 1991   6 26.10  -266.20 26.32
    
```

Gambar 5. Obyek Temperature yang telah diimpor

```

# Data Processing
Temperature$DATE <- as.Date(ISOdate(Temperature$YEAR, 1, 1)) +
                    Temperature$DOY - 1
Temperature[c("YEAR", "DOY", "T2M_RANGE")] <- NULL
    
```

Gambar 6. Pemrosesan Data

```
> head(Temperature)
  T2M   TS   DATE
1 25.69 25.76 1991-01-01
2 25.85 25.96 1991-01-02
3 25.74 25.88 1991-01-03
4 25.66 25.76 1991-01-04
5 25.64 25.74 1991-01-05
6 26.10 26.32 1991-01-06
> nrow(Temperature)
[1] 10958
```

Gambar 7. Data setelah *pre-processing*

```
# Package Installation
install.packages("ggplot2")
install.packages("ggpubr")
library(ggplot2)
library(ggpubr)
```

Gambar 8. Instalasi *package*

```
#Function for Display Equation
eq <- function(x,y) {
  m <- lm(y ~ x)
  as.character(
    as.expression(
      substitute(italic(y) == a + b % italic(x)*", "~italic(r)^2~"=~r2,
        list(a = format(coef(m)[1], digits = 4),
              b = format(coef(m)[2], digits = 4),
              r2 = format(summary(m)$r.squared, digits = 3)))
    )
  )
}
```

Gambar 9. Fungsi *eq*

```
> summary(Temperature)
      T2M          TS          DATE
Min.   :22.94   Min.   :22.94   Min.   :1991-01-01
1st Qu.:25.69   1st Qu.:25.73   1st Qu.:1998-07-02
Median :26.15   Median :26.22   Median :2005-12-31
Mean   :26.18   Mean   :26.25   Mean   :2005-12-31
3rd Qu.:26.65   3rd Qu.:26.75   3rd Qu.:2013-07-01
Max.   :29.38   Max.   :30.02   Max.   :2020-12-31
```

Gambar 10. Ringkasan data temperatur

```
> lm(Temperature$T2M ~ Temperature$DATE)

Call:
lm(formula = Temperature$T2M ~ Temperature$DATE)

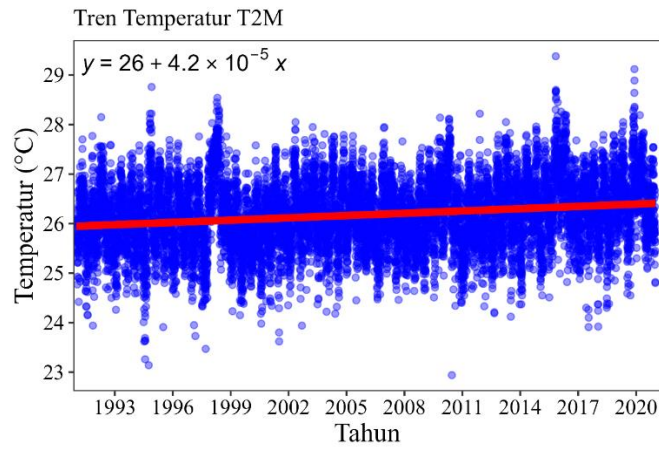
Coefficients:
(Intercept)  Temperature$DATE
 2.562e+01      4.220e-05
```

Gambar 11. Koefisien pada Pemodelan Linier Variabel T2M & DATE

```
## T2M ----
p <- ggplot(data = Temperature, aes(x=DATE, y=T2M)) + theme_bw()
p + geom_point(color = "blue", alpha = 0.4) + xlab("Tahun") +
  ylab("Temperatur (\u00B0C)") + geom_smooth(method = "lm",
                                           level = 0.60,
                                           color = "red",
                                           fill = "green", linewidth = 2) +
  ylim(24, 29) + theme(axis.title = element_text(size=15),
                      axis.text = element_text(size = 12, colour = "black")) +
  stat_regline_equation(label.y = 29, size=4.5, show.legend = T) +
  theme(panel.grid = element_blank(),
        text = element_text(family = "serif")) +
  scale_x_date(expand = expansion(mult = c(.02, .01)),
              date_breaks = "3 year",
              date_labels = "%Y") +
  ggtitle("Tren Temperatur T2M")

ggsave("T2M.png", dpi = 300)
```

Gambar 12. Tren temperatur variabel T2M



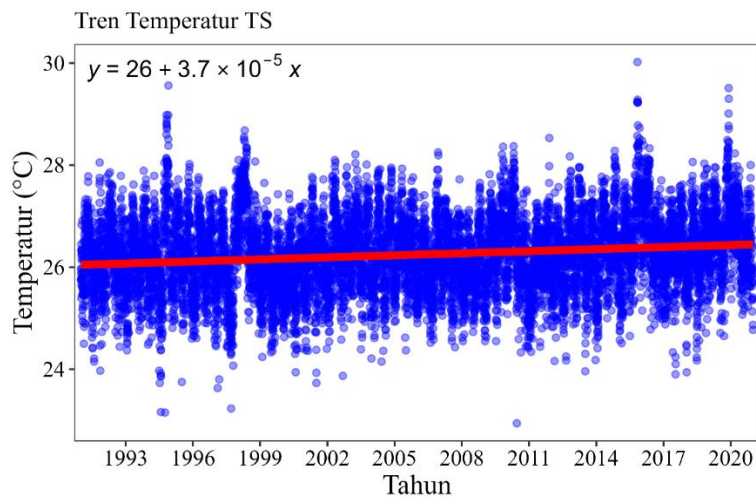
Gambar 13. Sintaks tren temperatur T2M

```
> lm(Temperature$TS ~ Temperature$DATE)

Call:
lm(formula = Temperature$TS ~ Temperature$DATE)

Coefficients:
(Intercept)  Temperature$DATE
 2.576e+01    3.665e-05
```

Gambar 14. Koefisien pada Pemodelan Linier Variabel TS & DATE

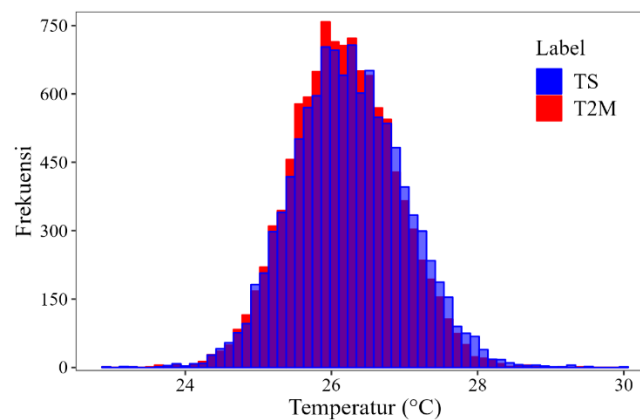


Gambar 15. Tren temperatur variabel TS


```
## TS ----
q <- ggplot(data = Temperature, aes(x=DATE, y=TS)) + theme_bw()
q + geom_point(color = "blue", alpha = 0.4) + xlab("Tahun") +
  ylab("Temperatur (\u00B0C)") + geom_smooth(method = "lm",
                                             level = 0.60,
                                             color = "red",
                                             fill = "green", linewidth = 2) +
  theme(axis.title = element_text(size=15),
        axis.text = element_text(size = 12, colour = "black")) +
  stat_regline_equation(label.y.npc = 1, label.x.npc = .01, size=4.5) +
  theme(panel.grid = element_blank(),
        text = element_text(family = "serif")) +
  scale_x_date(expand = expansion(mult = c(.01,.01)),
              date_breaks = "3 year",
              date_labels = "%Y") +
  scale_y_continuous(breaks = seq(23,29,1), limits = c(23,29)) +
  ggtitle("Tren Temperatur TS")

ggsave("TS.png", dpi = 500)
```

Gambar 16. Sintaks tren temperatur TS



Gambar 17. Sebaran temperatur variabel TS dan T2M

```
## TS ----
q <- ggplot(data = Temperature, aes(x=DATE, y=TS)) + theme_bw()
q + geom_point(color = "blue", alpha = 0.4) + xlab("Tahun") +
  ylab("Temperatur (\u00B0C)") + geom_smooth(method = "lm",
                                             level = 0.60,
                                             color = "red",
                                             fill = "green", linewidth = 2) +
  theme(axis.title = element_text(size=15),
        axis.text = element_text(size = 12, colour = "black")) +
  stat_regline_equation(label.y.npc = 1, label.x.npc = .01, size=4.5) +
  theme(panel.grid = element_blank(),
        text = element_text(family = "serif")) +
  scale_x_date(expand = expansion(mult = c(.01,.01)),
              date_breaks = "3 year",
              date_labels = "%Y") +
  scale_y_continuous(breaks = seq(23,29,1), limits = c(23,29)) +
  ggtitle("Tren Temperatur TS")

ggsave("TS.png", dpi = 500)
```

Gambar 18. Sintaks sebaran temperatur variabel T2M dan TS