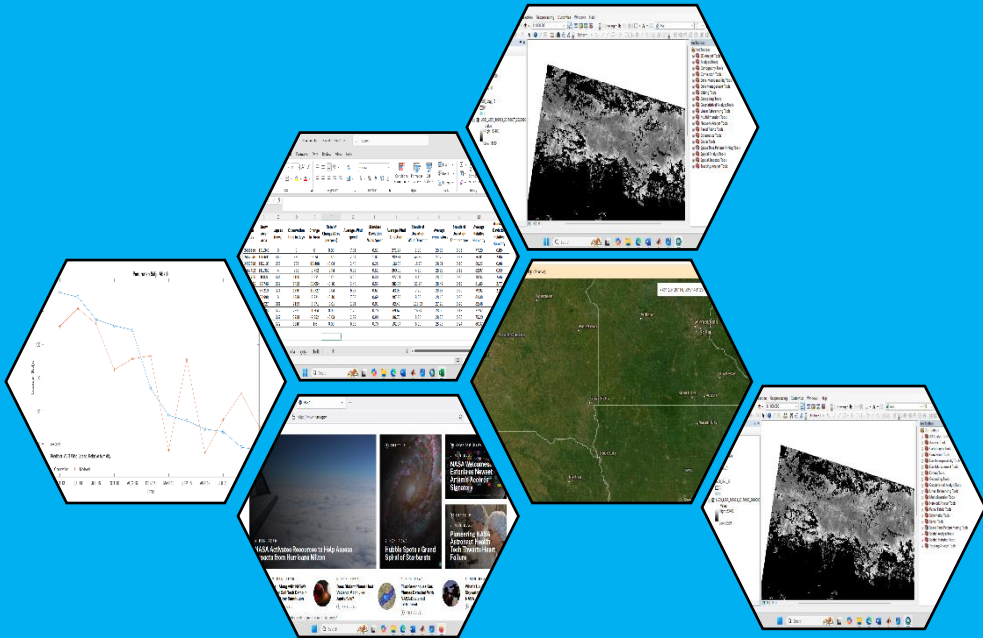


# ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP PENURUNAN LUAS TUTUPAN SALJU DI PUNCAK JAYAWIJAYA



SYAMSINAR  
H042222004



PROGRAM STUDI MAGISTER GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024

**ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP PENURUNAN LUAS  
TUTUPAN SALJU DI PUNCAK JAYAWIJAYA**

**SYAMSINAR  
H042222004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

# TESIS

## ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP PENURUNAN LUAS TUTUPAN SALJU DI PUNCAK JAYAWIJAYA

**SYAMSINAR**  
**H042222004**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 29 November  
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada  
Program Studi Magister Geofisika  
Departemen Geofisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan  
Pembimbing Utama



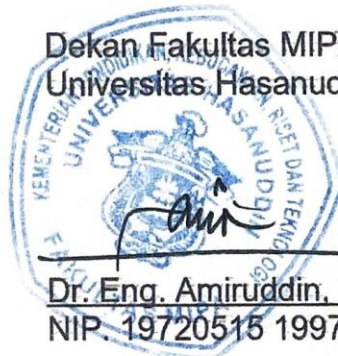
Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc.  
NIP. 19630315 198710 1 001

Ketua Program Studi  
Geofisika S2,



Dr. Sakka, M.Si.  
NIP. 19620320 198711 2 001

Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.  
NIP. 19720515 199702 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Penurunan Luas Tutupan Salju di Puncak Jayawijaya" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Journal of Degraded and Mining Lands Management) sebagai artikel dengan judul "Weather Factors Affecting Snow Coverage on Mt. Jaya Wijaya, Indonesia". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 November 2024



SYAMSINAR

NIM: H042222004

## Ucapan Terima Kasih

Bismillahirrahmanirrahiim.

Alhamdulillah Rabbil 'Alamiin. Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga Tesis ini dapat selesai tepat waktu. Tak lupa pula, shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan ke haribaan junjungan alam nabiyullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam. Tesis yang berjudul Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Penurunan Luas Tutupan Salju di Puncak Jayawijaya merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pascasarjana di Program Studi Geofisika, Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Selanjutnya, untuk cinta pertamaku Bapak Makkatang yang tercinta. Beliau memang hanya lulusan SD namun beliau mampu mendidik penulis, memberikan motivasi, serta dukungan dari segi finansial sehingga penulis mampu mendapatkan gelar Magister. Pintu surgaku, taco dg rannu terimakasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk bantuan beliau, selalu menyemangati dan mendo'akan tiada henti. Terimakasih atas nasihat yang diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terimakasih atas kesabarannya dan kebesaran hati penulis yang keras kepala. Mama menjadi penguat dan pengingat untuk penulis. Bapak dan mama sehat-sehat dan hidup lebih lama, temani terus penulis kalian segalanya untuk penulis. Serta adik saya tersayang adinda kasmawati. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya untuk semua keluarga besar yang selalu memberikan dukungan moril maupun materi, do'a, perhatian, dan kasih sayang yang begitu tulus, ikhlas dan tiada hentinya untuk penulis.

Pada kesempatan ini pula, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak atas saran, arahan, bantuan, nasihat, didikan, petuah, dan bimbingan yang selama ini penulis dapatkan, di antaranya adalah yang saya hormati dan banggakan:

1. Bapak Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc. selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, arahan, saran, nasihat, petuah, motivasi, inspirasi maupun kepercayaan yang sangat berarti dan tulus kepada penulis, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng. dan Bapak Dr. Sakka, M.Si. selaku Tim Penguji yang telah memberikan saran dan kritik perbaikan yang bersifat membangun kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini, serta demi penelitian yang lebih baik dan berkesinambungan di masa depan.
3. Bapak Dr. Sakka, M.Si. selaku ketua program studi Geofisika S2 yang telah memberi saran dan bantuan kepada penulis, hingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan baik dan tepat waktu.
4. Seluruh Dosen Departemen Geofisika, Staf Departemen Geofisika, Staf Laboratorium, Staf Perpustakaan, Staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas semua ilmu yang telah

diajarkan dan ditanamkan, maupun bantuan dan pelayanan yang tulus diberikan kepada penulis.

5. Kepada Aini Suci febrianti S.Si.,M.Si. terimakasih sudah membantu penulis, tidak pernah meninggalkan penulis, selalu setia temani kerja data sampai subuh, tanpa bantuan beliau penulis tidak akan sampai ditahap ini. sekali lagi terimakasih yang tak terhingga dan tetaplah menjadi orang baik dimanapun kamu berada.
6. Kepada Andri Muhammad Wahyu laode S.Si. terimakasih sudah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis, terimakasih yang tak terhingga walau sering pakbal tapi beliau sangat baik dan membantu dalam penyelesaian tesis penulis. Tetaplah jadi orang baik dimanapun kamu berada.
7. Kepada teman-teman saya megawati, alda milanda Dan kepada semua pihak yang telah mendukung, mendo'akan, memotivasi, dan membantu penulis dalam penyusunan tesis, yang mana tidak sempat disebutkan satu per satu, semoga segala amal kebaikan saudara-saudari dan bapak-ibu diterima sebagai ibadah di sisi Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis dengan segala kerendahan hati sangat mengharapkan kritik, saran dan koreksi perbaikan yang bersifat membangun untuk hasil yang lebih baik dan maksimal di masa yang akan datang. Penulis juga berharap agar semoga tulisan (penelitian) ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya, serta dapat memberikan cukup sumbangsih dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis,

Syamsinar

## ABSTRAK

**SYAMSINAR. ANALISIS PENGARUH CUACA TERHADAP PENURUNAN LUAS TUTUPAN SALJU DI PUNCAK JAYAWIJAYA (dibimbing oleh Halmar Halide).**

**Latar belakang.** Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa kondisi atmosfer, seperti suhu permukaan laut dan sirkulasi atmosfer, sangat mempengaruhi perubahan gletser di Puncak Jayawijaya, tetapi bagaimana variabel cuaca yaitu suhu, kelembaban relatif, arah angin dan kecepatan arah angin belum ada. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh suhu, kelembaban relatif, arah angin dan kecepatan angin terhadap Tingkat penurunan tutupan salju di puncak Jayawijaya. **Metode.** Metode yang digunakan adalah analisis multiple regresi berganda dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0.05$  untuk menentukan prediktor cuaca yang signifikan. **Hasil.** Dari semua variabel cuaca, suhu, kelembaban relatif, arah angin dan kecepatan angin menunjukkan bahwa kelembaban relatif dan arah angin adalah yang paling berpengaruh dengan nilai p-value masing-masing 0,005 dan 0,032. Model regresi menunjukkan bahwa kelembaban yang lebih tinggi meningkatkan sublimasi salju, sedangkan arah angin membawa udara hangat yang mempercepat pencairan salju. Analisis korelasi pearson menunjukkan korelasi yang kuat ( $r = 0,81$ ) antara penurunan tutupan salju yang diamati dan model, dengan RMSE sebesar 20,70 ha. **Kesimpulan.** Kelembaban relatif yang lebih tinggi mengarah pada peningkatan sublimasi dan penguapan salju sementara perubahan arah angin membawa udara hangat yang mempercepat pencairan salju. Hasil penelitian ini memberikan wawasan lebih mendalam mengenai mekanisme penurunan salju di Jayawijaya dan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengelolaan dan pelestarian gletser di wilayah tersebut.

Kata kunci: jayawijaya; cakupan salju; kelembaban relative; arah angin

## ABSTRACT

**SYAMSINAR. ANALYSIS OF WEATHER INFLUENCES ON THE DECREASE IN SNOW COVERAGE AT THE TOP OF JAYAWIJAYA** (supervised by Halmar Halide).

**Background.** Previous studies have proved that atmospheric conditions, such as sea surface temperature and atmospheric circulation, greatly affect the changes of glaciers on Jayawijaya Peak, but how the weather variables of temperature, relative humidity, wind direction and wind direction speed have not yet existed. **Aim.** This study aims to analyze the effect of temperature, relative humidity, wind direction and wind speed on the rate of decline of snow cover on the summit of Jayawijaya. **Methods.** The method used is multiple regression analysis with a significant level of  $\alpha = 0.05$  to determine significant weather predictors. **Results.** Of all the weather variables, temperature, relative humidity, wind direction and wind speed showed that relative humidity and wind direction were the most influential with p-values of 0.005 and 0.032, respectively. The regression model shows that higher humidity increases snow sublimation, while wind direction brings warm air which accelerates snow melting. Pearson correlation analysis showed a strong correlation ( $r = 0.81$ ) between observed and modeled snow cover decline, with an RMSE of 20.70 ha. **Conclusion.** Higher relative humidity leads to increased sublimation and evaporation of snow while changes in wind direction bring warm air that accelerates snowmelt. The results of this study provide further insight into the snowmelt mechanisms in Jayawijaya and can be used as a basis for glacier management and preservation in the region.

Keywords: Jaya Wijaya; Snow Coverage; Relative Humidity; Wind Direction



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah, Pertanyaan, Tujuan, dan Manfaat Penelitian ....	2
1.2.1 Rumusan Masalah .....	2
1.2.2 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.2.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.2.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.3 Landasan Teori.....	2
1.3.1 Gletser es dan salju .....	3
1.3.2 Perubahan Iklim terhadap penurunan salju.....	3
1.3.3 Faktor Cuaca.....	3
1.3.4 Metode multiple regression.....	4
1.3.5 Stepwise Regression .....	5
BAB II. METODE PENELITIAN .....	6
2.1 Tempat dan Waktu .....	6
2.2 Alat dan Bahan .....	6
2.3 Tahapan Penelitian.....	8
2.3.1 Tahap Pendahuluan .....	8
2.3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	8
2.3.3 Tahap Pengolahan Data.....	8

2.4 Workflow Penelitian .....	9
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>10</b>
3.1 Hasil .....	10
3.1.1 Signifikansi Prediktor.....	10
3.1.2 Nilai Konstanta ( $\alpha$ ) dan Koefisien (b).....	10
3.1.3 Model Pengaruh Prediktor.....	11
3.1.4 Verifikasi Model dengan Korelasi Pearson (r) .....	12
3.1.5 Tren Perubahan Luasan Tutupan Salju .....	13
3.1.6 Wind rose arah angin.....	14
3.2 Pembahasan.....	14
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>16</b>
5.1 kesimpulan.....	16
5.2 Saran.....	16
DAFTAR PUSTAKA.....	17
LAMPIRAN.....	21

**DAFTAR TABEL**

1. Observasi & Model.....	11
2. Prediktor Signifikan dan Nilai Signifikan .....	10
3. Prediktor signifikan beserta nilai Konstanta ( $a$ ) dan Koefisien ( $b$ ).....	10

**DAFTAR GAMBAR**

1. Peta Penelitian puncak jayawijaya .....	6
2. Pemodelan luasan tutupan salju .....	10
3. Trend penurunan luasan tutupan salju.....	11
4. laju perubahan luasan tutupan salju.....	12
5. Wind rose arah angin.....	13
6. Penampakan hilangnya salju.....	3

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Citra tutupan salju sebelum digitasi
2. Tutupan salju setelah digitasi
3. Data tutupan salju

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pegunungan Jayawijaya di Provinsi Papua, Indonesia, menghadapi ancaman serius berupa penurunan drastis tutupan salju abadi dalam beberapa dekade terakhir. Fenomena ini tidak hanya mengancam keseimbangan ekosistem unik di daerah tropis, tetapi juga berdampak signifikan pada aspek sosial-budaya masyarakat setempat. Puncak Jaya, dengan ketinggian 4.884 meter di atas permukaan laut, telah lama menjadi ikon keunikan ekosistem Indonesia yang menampilkan fenomena salju di daerah khatulistiwa (Prentice *et al.*, 2007).

Analisis pengaruh cuaca terhadap penurunan salju di Jayawijaya menjadi krusial untuk beberapa alasan. Pertama, untuk memperdalam pemahaman ilmiah tentang interaksi antara cuaca lokal dan dinamika salju di daerah tropis, yang berbeda dengan daerah lain karena pengaruh kuat fenomena El Nino dan La Nina (Kumar *et al.*, 2020). Kedua, untuk memberikan dasar ilmiah bagi upaya pelestarian ekosistem pegunungan tropis yang unik ini, mengingat peran penting salju dan gletser dalam menjaga keseimbangan ekosistem lokal (Anderson *et al.*, 2011). Ketiga, untuk menyediakan data penting dalam pemodelan dampak perubahan iklim di masa depan, yang dapat membantu memprediksi perubahan iklim regional dan global dengan lebih akurat (Hock, R. *et al.*, 2015).

Salju abadi di puncak Pegunungan Jayawijaya tidak hanya memiliki nilai ekologis yang penting, tetapi juga signifikansi budaya dan spiritual bagi masyarakat lokal, terutama suku Dani dan Lani yang telah mendiami wilayah ini selama ribuan tahun (Allison *et al.*, 2015). Bagi mereka, keberadaan salju di puncak gunung dianggap sebagai simbol kesakralan dan keseimbangan alam. Oleh karena itu, penurunan tutupan salju berdampak luas, dari ekosistem hingga aspek sosial-budaya masyarakat setempat (Boissiere *et al.*, 2013).

Studi terdahulu telah menunjukkan adanya korelasi antara perubahan pola cuaca dan penurunan tutupan salju di berbagai wilayah pegunungan di dunia (Permana *et al.*, 2019). Namun, penelitian spesifik tentang dinamika cuaca dan salju di Pegunungan Jayawijaya masih terbatas, menciptakan kesenjangan pengetahuan yang penting untuk diatasi. Pemahaman yang lebih baik tentang fenomena ini dapat membantu pengambil keputusan dalam merumuskan kebijakan pengelolaan lingkungan yang lebih efektif (McGregor, 2019) dan menganalisis potensi dampak terhadap sektor pertanian, pariwisata, dan ketersediaan air bersih (Buytaert, 2017).

Adapun tujuan penelitian ini adalah Menganalisis pengaruh suhu, kelembaban relatif, arah angin, dan kecepatan angin terhadap tingkat penurunan tutupan salju di Puncak Jayawijaya. Dengan fokus pada interaksi kompleks antara faktor-faktor cuaca dan dinamika salju di wilayah tropis ini, studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman dan pengelolaan ekosistem pegunungan tropis yang unik dan rentan.

## **1.2 Rumusan Masalah, Pertanyaan, Tujuan, dan Manfaat Penelitian**

### **1.2.1 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh suhu, kelembaban relatif, arah angin, dan kecepatan angin terhadap tingkat penurunan tutupan salju di Puncak Jayawijaya?

### **1.2.2 Pertanyaan Penelitian**

Bagaimana pengaruh suhu, kelembaban relatif, arah angin, dan kecepatan angin terhadap tingkat penurunan tutupan salju di Puncak Jayawijaya?

### **1.2.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah Menganalisis pengaruh suhu, kelembaban relatif, arah angin, dan kecepatan angin terhadap tingkat penurunan tutupan salju di Puncak Jayawijaya

### **1.2.4 Manfaat Penelitian**

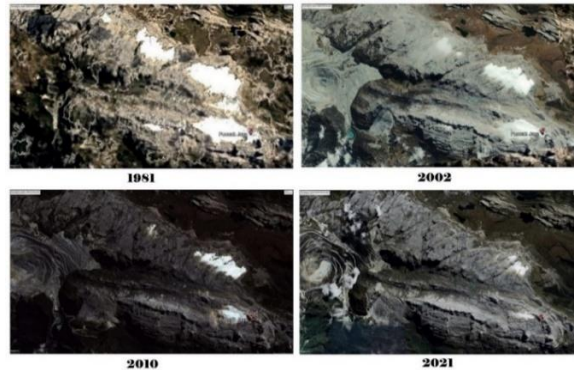
Penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa untuk pengalaman praktis dalam meteorologi pegunungan, serta bagi masyarakat untuk peningkatan akurasi prakiraan cuaca lokal dan pengelolaan risiko lingkungan di kawasan Puncak Jayawijaya.

## **1.3 Landasan Teori**

### **1.3.1 Gletser es dan Salju**

Gletser merupakan lapisan besar es yang bergerak perlahan menuruni lereng gunung atau dataran. Namun, gletser terus mengalami pencairan yang dapat menimbulkan dampak buruk, seperti kekeringan akibat hilangnya sumber air yang berasal dari gletser. Jika suhu bumi terus meningkat karena pemanasan global, pencairan es ini akan memengaruhi salinitas air laut. Gletser umumnya berada di daerah kutub dan pegunungan tinggi seperti Himalaya, di mana iklim sejuk mendukung terbentuknya es. Gletser terbentuk dari salju yang terkompresi selama waktu yang lama, menjadi massa es yang padat. Untuk terbentuk, suhu harus cukup dingin dan curah salju harus tetap tinggi dalam jangka waktu yang lama, memungkinkan salju tersebut berubah menjadi es. Jika kondisi ini terpenuhi, gletser dapat terbentuk dengan ukuran yang bervariasi, mulai dari sebesar lapangan sepak bola hingga puluhan bahkan ratusan mil (Abrar, 2023).

Salju merupakan isolator panas yang sangat efektif. Ketika tanah, es di laut, danau, sungai, atau bangunan tertutup oleh salju, aliran panas dari permukaan tersebut berkurang secara signifikan. Karena sebagian besar wilayah daratan dan permukaan es di bumi sering tertutupi salju, penurunan aliran panas ini berperan penting dalam menjaga keseimbangan panas bumi, yang memiliki dampak besar terhadap kehidupan manusia. Oleh karena itu, pengukuran atau estimasi sifat isolasi salju sering digunakan dalam berbagai penelitian, seperti geofisika planet, pemodelan iklim, dan glasiologi. Dalam studi permafrost atau pembekuan tanah, akurasi nilai konduktivitas termal salju sangat penting. Nilai-nilai tersebut juga digunakan untuk menilai potensi dampak perubahan curah salju akibat perubahan iklim (Zou et al., 2022).



**Gambar 1.** penampakan dari menghilangnya salju abadi di puncak jayawijaya, tahun 1981-2021. sumber: faisol Rahman (2022) saksikanlah hilangnya salju abadi Indonesia di tahun 2025.

### 1.3.2 Perubahan iklim terhadap penurunan salju

Perubahan iklim telah memberikan dampak signifikan terhadap kondisi salju di pegunungan Jayawijaya, Papua. Studi yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019) menunjukkan bahwa luas tutupan salju di Puncak Jaya telah menurun sekitar 85% sejak tahun 1940-an. Klein dan Kincaid (2016) mengamati bahwa peningkatan suhu rata-rata sebesar  $0,3^{\circ}\text{C}$  per dekade di wilayah tersebut telah mempercepat pencairan gletser. Dampak ini tidak hanya mempengaruhi ekosistem lokal, tetapi juga berdampak pada ketersediaan air dan potensi pariwisata di daerah tersebut (Suwarna *et al.*, 2018). Penelitian terbaru oleh Permana *et al.* (2022) memproyeksikan bahwa jika tren ini berlanjut, es abadi di Pegunungan Jayawijaya mungkin akan hilang sepenuhnya pada pertengahan abad ini, yang akan memiliki konsekuensi jangka panjang pada hidrologi regional dan keanekaragaman hayati. at adat yang bergantung pada sumber daya alam di sekitar pegunungan.

#### 1.3.3 Factor cuaca

##### A. Suhu

Penurunan suhu secara signifikan dapat memperlambat pencairan salju di wilayah pegunungan, terutama di daerah tropis seperti Jayawijaya. Suhu yang lebih rendah menyebabkan tingkat penguapan menurun, memperlambat pencairan salju dan es, serta memungkinkan salju bertahan lebih lama di ketinggian. Namun, dengan perubahan iklim yang terus berlangsung, suhu rata-rata global meningkat, sehingga mempengaruhi kestabilan lapisan salju. Menurut penelitian oleh Klein & Kincaid (2019), penurunan suhu rata-rata tahunan di daerah pegunungan dapat menjaga lapisan es tetap stabil, tetapi ketika suhu meningkat hanya  $1-2^{\circ}\text{C}$ , dampaknya pada gletser bisa sangat besar. Kenaikan suhu ini tidak hanya mempercepat pencairan salju, tetapi juga mengganggu ekosistem di sekitarnya, yang bergantung pada aliran air dari salju yang mencair selama musim hangat.

##### B. Kelembaban

Kelembaban merupakan suatu nilai yang menunjukkan banyaknya uap air di udara. Jika udara banyak mengandung air maka dikatakan lembab. Tingginya persentase kelembaban di udara disebabkan oleh uap air. Jumlah uap air yang terkandung di udara sangat dipengaruhi oleh suhu. Ketika suhu rendah, hanya sedikit uap air yang dibutuhkan untuk menjenuhkan udara. Kondisi ini terjadi ketika udara mulai jenuh. pergerakan angin. Perbedaan tekanan mempengaruhi suhu ruangan.



Ketika udara dingin berkontraksi pada malam hari dan mengembang pada siang hari, udara yang lebih ringan naik dan digantikan oleh udara yang lebih dingin (Abdullah Azzam Muhyiddin *et al.*, 2023)

### C. Wind direction

Arah angin memainkan peran penting dalam memengaruhi pencairan salju, terutama di wilayah pegunungan seperti Jayawijaya. Angin yang bertiup dari dataran rendah membawa udara hangat, yang dapat mempercepat proses pencairan es dan salju di puncak gunung. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zemp *et al.* (2020), perubahan arah angin yang disebabkan oleh pemanasan global turut mengganggu stabilitas gletser, karena angin membawa uap air yang dapat meningkatkan suhu lokal dan mempercepat pencairan. Angin merupakan besaran vektor yang mempunyai arah dan kecepatan. Kecepatan angin adalah kondisi dimana kecepatan udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh adanya gradien barometris letak tempat, tinggi tempat, dan keadaan topografi suatu tempat. Satuan dari kecepatan angin ialah meter per detik, kilometer per jam atau knot. (Suwarti dkk., 2017).

### D. Wind speed

Kecepatan angin adalah salah satu faktor penting yang memengaruhi iklim suatu wilayah. Hal ini dikarenakan kecepatan angin berperan dalam memengaruhi suhu udara, penyebaran polutan, pola curah hujan, serta kondisi cuaca secara keseluruhan. Sebagai contoh, angin kencang dapat membawa udara dingin ke suatu daerah, sementara angin yang lambat bisa menyebabkan terjebaknya udara panas. Oleh karena itu, kecepatan angin menjadi parameter penting dalam menganalisis iklim suatu daerah. Selain itu, angin yang kuat dapat menghilangkan awan dan meningkatkan intensitas radiasi matahari (Mumby *et al.*, 2001).

#### 1.3.4 Metode Multiple Regression

Analisis regresi dapat didefinisikan sebagai metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan fungsional linear antara satu variabel respon dengan satu variabel prediktor. Terdapat dua jenis variabel dalam analisis regresi yaitu variabel respon atau disebut dengan variabel dependen (Y) dan variabel prediktor atau disebut variabel independen (X). Variabel respon (Y) dinyatakan juga sebagai variabel yang dipengaruhi dan variabel prediktor (X) dinyatakan juga sebagai variabel yang mempengaruhi. Terdapat dua jenis analisis regresi linier yaitu analisis regresi linier sederhana dan analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier sederhana hanya melibatkan satu variabel prediktor sedangkan analisis regresi linier berganda melibatkan dua atau lebih variabel prediktor Regresi linear berarti bahwa variabel respon (Y) berkaitan linear dengan variabel prediktor (X) dalam bentuk persamaan linear yang dapat dinyatakan sebagaimana persamaan berikut (Sulistiyowati & Astuti, 2017)

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

Keterangan:

Y= variable terikat

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = variabel bebas

$a$  = konstanta

$b_1, b_2, \dots, b_n$  = koefisien regresi

Metode kuadrat terkecil (Least Square Method) digunakan untuk menghitung  $a, b_1, b_2, \dots, b_n$ , sehingga menghasilkan persamaan normal sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
a + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_n \sum X_n &= \sum Y \\
a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n &= \sum X_1 Y \\
a \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n &= \sum X_2 Y \\
a \sum X_n + b_1 \sum X_n X_1 + b_2 \sum X_n X_2 + \dots + b_n \sum X_n^2 &= \sum X_n Y
\end{aligned} \tag{2}$$

### 1.3.5 Stepwise Regression

Stepwise Regression merupakan kombinasi dari teknik Forward Selection dan Backward Elimination. Stepwise Regression adalah modifikasi dari Forward Selection sehingga setelah setiap langkah di mana variabel ditambahkan, dan semua variabel kandidat regresi dalam model diperiksa untuk melihat apakah signifikansinya telah dikurangi di bawah tingkat toleransi yang ditentukan. Jika ditemukan variabel yang tidak signifikan, variabel tersebut dikeluarkan dari model (Olusegun, dkk. 2015).

Metode stepwise digunakan untuk mengetahui prediktor tutupan salju yang paling signifikan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya tutupan luas salju dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Selanjutnya memeringkat variabel ternormalisasi yang dipilih sesuai dengan  $\beta$  yang dihasilkan. Performa model dinyatakan dalam metrik ACC (*anomaly cross correction*) dan RMSE (*root meansquared error*) serta estimasi error yang terkait (Faber and chemon. 1999)

Menurut (halide, dkk. 2022) Kedua metrik ditulis di bawah ini. Metrik ACC ditulis sebagai berikut

$$ACC = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \underline{y})(x_i - \underline{x})}{\left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \underline{y})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \tag{3}$$

di mana  $x_i$  dan  $y_i$  adalah nilai ke- $i$  dari kasus tutupan salju yang diamati dan dimodelkan, dan  $\underline{x}$  dan  $\underline{y}$  masing-masing adalah nilai rata-rata dari tutupan salju yang diamati dan dimodelkan, serta  $n$  adalah jumlah pengamatan. Standard error estimate ACC mengikuti rumus dan ditulis sebagai:

$$SE\_ACC = \frac{(1 - ACC^2)}{\sqrt{n - 1}} \tag{4}$$

RMSE dinyatakan sebagai

$$ACC = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \left(\sum_{i=1}^n (e_i)^2\right)} \tag{5}$$

dimana

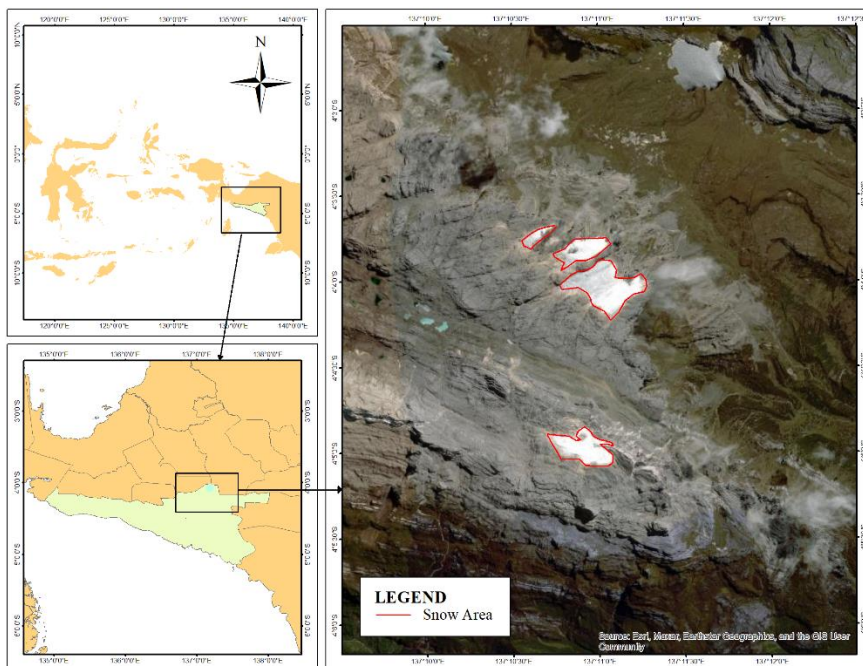
$$|e_i| = |x_i - y_i| \tag{6}$$

dan eror estimate diberikan dalam persamaan sebagai berikut

$$eRMSE = RMSE \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)} \tag{7}$$

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat dan Waktu



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian

Puncak Jayawijaya merupakan bagian dari Pegunungan Sudirman, terletak di Provinsi Papua, Indonesia, sekitar 150 km (93 mil) sebelah utara dari Timika. Puncak Jayawijaya terletak pada koordinat 4°04'10" LS, 137°09'11" BT dan memiliki ketinggian mencapai 4.884 meter (16.024 kaki). Puncak Jayawijaya adalah satu-satunya lokasi di wilayah tropis Indonesia yang memiliki gletser, dan dikenal sebagai salah satu dari "Seven Summits," yakni puncak tertinggi di setiap benua. Puncak ini juga merupakan bagian dari rangkaian pegunungan yang terbentuk di sepanjang batas lempeng Pasifik dan Indo-Australia

### 1.2 Alat dan Bahan

#### A. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian:

1. Microsoft Excel
2. Software Matlab R2019a
3. Notepad
4. Software ArcGis

## B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian:

### 1. Data suhu

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari tahun 2013-2022 yang diperoleh dari situs National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER), sebuah proyek yang menyediakan kumpulan data tenaga surya dan meteorologi komprehensif hasil penelitian NASA untuk mendukung pengembangan energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi bangunan, dan pemenuhan kebutuhan pertanian, yang dapat diakses melalui platform Data Access Viewer (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>), guna menganalisis kondisi iklim dan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat penurunan salju di kawasan Puncak Jayawijaya.

### 2. Data kelembaban Relatif

Data kelembaban relatif yang digunakan merupakan data sekunder mulai dari tahun 2013-2022 yang diperoleh dari situs yang disediakan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). Kelembaban relatif merupakan parameter penting dalam studi meteorologi yang diukur sebagai persentase uap air di udara dibandingkan dengan jumlah maksimum yang dapat ditampung pada suhu tertentu. Dapat diakses melalui platform Data Access Viewer (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

### 3. Arah Angin

Data arah angin yang digunakan merupakan data sekunder mulai dari tahun 2013-2022 yang diperoleh dari situs yang disediakan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). Dapat diakses melalui platform Data Access Viewer (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

### 4. Data Kecepatan Angin

Data kecepatan angin yang digunakan merupakan data sekunder mulai dari tahun 2013-2022 yang diperoleh dari situs yang disediakan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). Dapat diakses melalui platform Data Access Viewer (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

### 5. Data Luasan Salju

Data luas tutupan salju yang digunakan merupakan data sekunder mulai dari tahun 2013-2022. Data luas tutupan salju yang digunakan berasal dari citra satelit yang terbebas dari gangguan awan, sehingga memungkinkan untuk mengamati kondisi tutupan salju secara akurat dan komprehensif. Data ini diperoleh dari situs yang disediakan oleh United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer. USGS Earth Explorer adalah situs yang menyediakan layanan data citra satelit. USGS merupakan badan pemerintah Amerika Serikat yang fokus pada survei dan pemahaman sumber daya alam, termasuk pemantauan bumi melalui program program seperti landsat (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

## 2.3 Tahapan Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini memiliki beberapa tahap yaitu tahap pendahuluan, pengumpulan data, dan tahap pengolahan data.

### 2.3.1 Tahap Pendahuluan

Tahap persiapan dimulai dengan mencari dan mengumpulkan informasi-informasi yang berhubungan dengan penelitian dan melakukan studi literatur untuk mendapatkan teori yang dapat mendukung penelitian. Sumbernya dapat berupa jurnal dan buku-buku. Kemudian, mengumpulkan data penelitian yang berupa data sekunder.

### 2.3.2 Tahap Pengumpulan Data

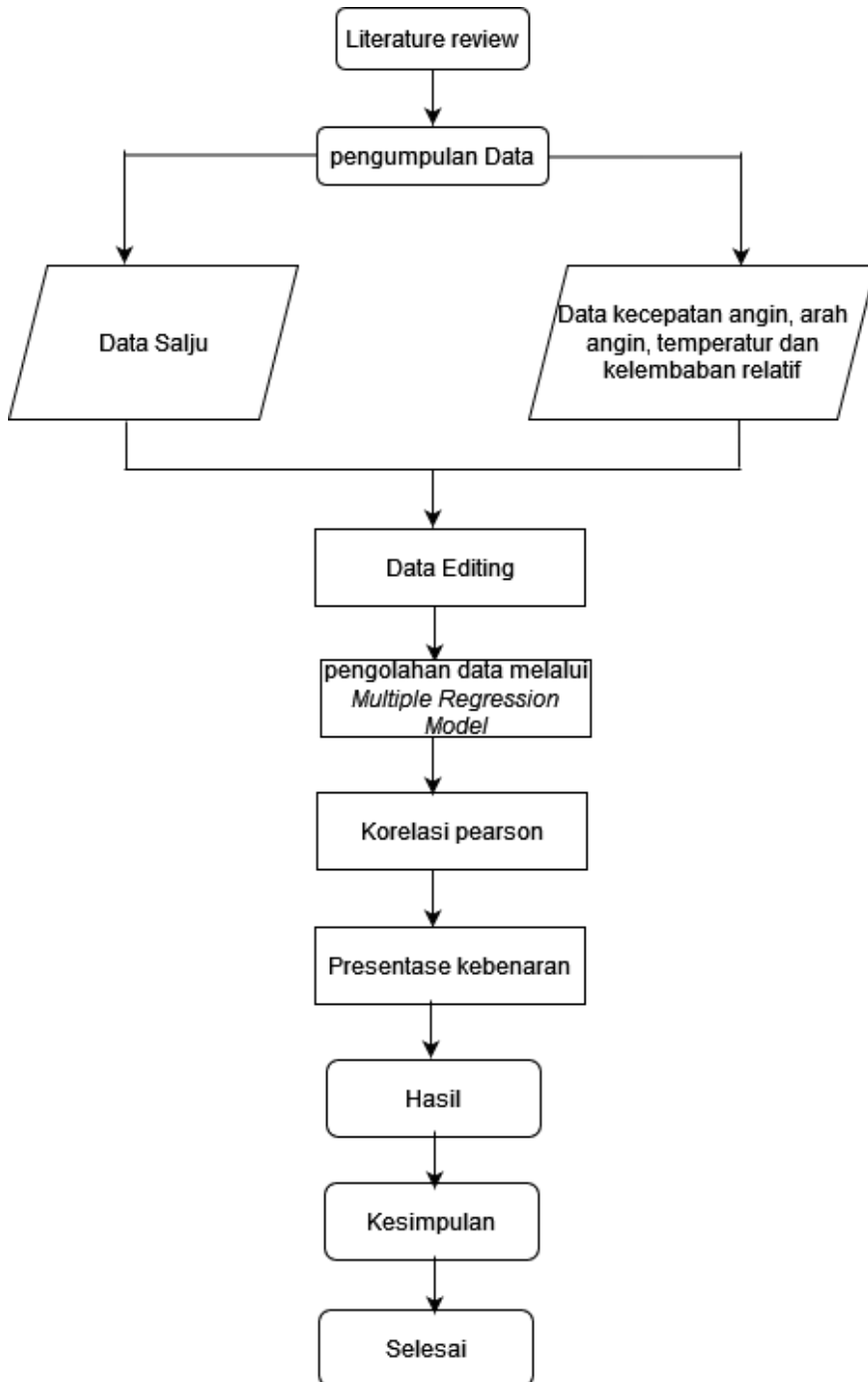
Data yang dikumpulkan terdiri dari data observasi dan data prediktor. Data observasi yaitu data luas tutupan salju yang berupa gambar citra landsat 8 dari tahun 2013-2022. Data prediktor yaitu data faktor cuaca yang terdiri dari 4 prediktor, yaitu suhu, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan arah angin.

### 2.3.3 Tahap Pengolahan Data

Adapun tahap pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

- A. Melakukan proses digitasi dengan menginput data citra landsat 8 ke dalam Software Arcgis. Kemudian membuat New Shapefile tipe polygon dan mengatur Coordinate System menjadi WGS 1984 UTM Zone 53S. Lalu melakukan Start Editing untuk memulai proses digitasi titik demi titik mengikuti objek. Kemudian melakukan Save Editing dan Calculate Geometry untuk menghitung luas tutupan salju.
- B. Melakukan penyesuaian dan pemeriksaan data untuk meminimalisir terjadinya kesalahan sebelum data tersebut dianalisis lebih lanjut. Data tersebut mencakup data luas tutupan salju, suhu udara, kelembapan udara, kecepatan angin, dan arah angin. Kemudian dimuat ke dalam struktur data yang sesuai menggunakan microsoft excel.
- C. Mengolah data Luas Tutupan Salju ( $Y$ ) dan data Faktor Cuaca ( $X$ ) pada Software Matlab menggunakan metode Stepwise untuk mengidentifikasi prediktor yang signifikan dari 4 total prediktor.
- D. Setelah diperoleh prediktor signifikan terhadap penurunan luasan tutupan salju selanjutnya adalah melakukan interpretasi dan prediksi terkait dengan waktu (dalam periode tahunan), jenis dan jumlah dari faktor atau variabel tersebut sebagai prediktor terhadap penurunan luasan tutupan salju sebagai data observasi.
- E. Selanjutnya melakukan verifikasi prediksi terhadap model, yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan dan kualitas model terbaik dari sejumlah prediktor signifikan. Verifikasi atau uji model dilakukan melalui analisis nilai koefisien korelasi atau korelasi Pearson dan dengan menghitung persentase kebenaran, sehingga diperoleh hasil perbandingan antara kedua uji tersebut, dimana uji atau verifikasi yang memperoleh hasil lebih maksimal dan presisi dijadikan sebagai acuan atau dasar untuk menentukan tingkat keakuratan model terbaik sebelumnya.

## 2.4 Workflow Penelitian



**Gambar 3.** *Workflow Penelitian*