

Estimasi Suhu Permukaan dan Suhu Udara di Kota Sabang, Aceh, Indonesia

Darliandri¹, Darmadi^{2,*}, Aula Chairunnisak², Husnus Sawab³, Adisalamun²,
Muhammad Zaki², Mukhlisnien²

¹Envico Training and Consulting, Banda Aceh, Indonesia

²Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

³Departemen Arsitektur dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email Korespondensi: darmadi@usk.ac.id

Received: 13-02-2025	Revised: 16-03-2025	Accepted: 26-03-2025

Abstrak

Pengabdian ini bertujuan untuk mengestimasi suhu permukaan (T_s) dan suhu udara (T_a) di Kota Sabang, Aceh, menggunakan data citra satelit Landsat 8. Metode yang digunakan meliputi pengolahan citra termal untuk menghitung suhu permukaan, radiasi netto (R_n), fluks panas tanah (G), fluks panas terasa (H), dan fluks panas laten (E). Hasil penelitian menunjukkan variasi suhu permukaan antara 21,23°C hingga 29,37°C, dengan suhu lebih tinggi di wilayah utara dan timur yang didominasi lahan terbangun, dan suhu lebih rendah di wilayah barat dan tengah yang memiliki tutupan vegetasi rapat. Suhu udara bervariasi antara 16,7°C hingga 33°C, dengan pola serupa di mana wilayah vegetasi memiliki suhu lebih rendah. Analisis neraca energi menunjukkan bahwa wilayah vegetasi didominasi oleh ground heat flux (G) sebesar 61%, sedangkan wilayah non-vegetasi didominasi oleh latent heat flux (E) sebesar 71%. Sensible heat flux (H) memiliki proporsi lebih kecil, yaitu 9% untuk vegetasi dan 11% untuk non-vegetasi. Temuan ini menegaskan pentingnya vegetasi dalam menjaga suhu lingkungan dan memberikan dasar untuk perencanaan tata ruang yang berkelanjutan di Kota Sabang.

Abstract

This community service aims to estimate surface temperature (T_s) and air temperature (T_a) in Sabang City, Aceh, using Landsat 8 satellite imagery. The methodology involves processing thermal imagery to calculate surface temperature, net radiation (R_n), ground heat flux (G), sensible heat flux (H), and latent heat flux (E). The results indicate that surface temperature varies from 21.23°C to 29.37°C, with higher temperatures in the northern and eastern regions, which are dominated by built-up areas, while lower temperatures are found in the western and central regions covered with dense vegetation. Air temperature ranges between 16.7°C and 33°C, reflecting a similar pattern where vegetated areas display lower temperatures. Energy balance analysis shows that vegetated areas are primarily influenced by ground heat flux (G), accounting for 61%, while non-vegetated areas are dominated by latent heat flux (E) at 71%. Sensible heat flux (H) contributes a smaller proportion, at 9% in vegetated areas and 11% in non-vegetated areas. These findings highlight the crucial role of vegetation in regulating environmental temperatures and provide a foundation for sustainable urban planning in Sabang City.

Keywords: surface temperature, air temperature, ground heat, sensible heat, latent heat

PENDAHULUAN

Kota Sabang merupakan wilayah paling barat di Indonesia yang terletak di Pulau Weh, Provinsi Aceh. Secara geografis, Sabang berada pada koordinat sekitar 5°52'LU – 95°20'BT dan memiliki iklim tropis dengan suhu udara yang relatif tinggi sepanjang tahun. Sebagai kota kepulauan, Sabang memiliki lanskap yang beragam, meliputi kawasan pesisir, hutan tropis, serta area perkotaan yang berkembang. Variasi tutupan lahan di Kota Sabang, seperti vegetasi alami, lahan terbangun, dan badan air, berkontribusi terhadap perbedaan suhu permukaan dan dinamika suhu udara di wilayah ini.

Suhu permukaan merupakan suhu bagian terluar suatu objek dan menjadi parameter penting dalam kajian energi permukaan bumi. Nilainya dipengaruhi oleh sifat fisik permukaan, seperti emisivitas, kapasitas panas jenis, dan konduktivitas termal. Permukaan dengan emisivitas dan kapasitas panas jenis yang tinggi tetapi konduktivitas termal rendah, seperti perairan, cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Sebaliknya, permukaan dengan emisivitas dan kapasitas panas jenis yang rendah tetapi konduktivitas termal tinggi, seperti kawasan terbangun dan lahan berbatu, cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi (Aziz & Torabi, 2012; Tran et al., 2017; Fayshal, 2024).

Dalam analisis penginderaan jauh, suhu permukaan dapat diperoleh melalui citra satelit termal yang merekam radiasi inframerah termal. Kanal termal pada satelit berfungsi untuk mengekstraksi suhu permukaan suatu objek (Lillesand & Kiefer, 1999). Pada data satelit Landsat, suhu permukaan diperoleh dengan terlebih dahulu mengonversi nilai digital piksel citra ke dalam nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*) menggunakan parameter kalibrasi sensor (Wiweka, 2014; Cristobal et al., 2018).

Suhu udara merupakan elemen atmosfer yang sangat dipengaruhi oleh interaksi antara energi matahari, tutupan lahan, serta kondisi meteorologi suatu wilayah. Fluktuasi suhu udara terjadi akibat proses pertukaran energi di atmosfer. Pada siang hari, sebagian besar radiasi matahari diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel aerosol, menyebabkan peningkatan suhu udara. Suhu udara maksimum harian umumnya terjadi setelah intensitas radiasi matahari mencapai puncaknya, yaitu saat sudut datang cahaya matahari tegak lurus terhadap permukaan bumi, yang biasanya terjadi pada tengah hari (Wiweka, 2014).

Jenis tutupan lahan juga memiliki pengaruh signifikan terhadap suhu udara. Wilayah dengan tutupan vegetasi cenderung memiliki suhu udara yang lebih rendah karena proses evapotranspirasi yang berperan dalam pelepasan energi panas. Sebaliknya, kawasan terbangun dengan permukaan kedap air, seperti beton dan aspal, memiliki kapasitas panas yang lebih besar, sehingga cenderung meningkatkan suhu udara di sekitarnya (Zhang et al., 2025; Cermak et al., 2017). Perubahan tutupan lahan dari vegetasi alami menjadi lahan terbangun dapat meningkatkan suhu udara suatu wilayah, yang menjadi indikator terjadinya modifikasi iklim mikro akibat urbanisasi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi suhu permukaan dan suhu udara di Kota Sabang, Aceh, Indonesia, guna memahami pola distribusi suhu dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh dan analisis geospasial, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai variasi suhu di Kota Sabang serta implikasinya terhadap lingkungan dan kebijakan tata ruang di wilayah ini.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 8 yang mencakup wilayah Kota Sabang, dengan pemanfaatan band 10 dan 11 yang termasuk dalam kanal *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Langkah pertama dalam estimasi suhu permukaan adalah menghitung suhu kecerahan (*brightness temperature*) dari nilai *digital number* (DN) yang direkam oleh sensor satelit. Nilai DN dikonversi terlebih dahulu menjadi radiasi spektral menggunakan persamaan:

$$L\lambda = ML \times DN + AL \quad (1)$$

di mana $L\lambda$ adalah radiansi spectral (*radiance spectral*), ML adalah faktor skala radiometrik (*radiance multiplicative scaling factor*), DN adalah nilai digital piksel, dan AL adalah faktor offset (*radiance additive scaling factor*), yang diperoleh dari metadata citra Landsat 8 yang digunakan.

Selanjutnya, suhu kecerahan dihitung menggunakan persamaan Planck invers berikut:

$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Tb adalah suhu kecerahan dalam Kelvin, K1 dan K2 adalah konstanta kalibrasi sensor yang diperoleh dari metadata Landsat 8, serta $L\lambda$ adalah radiansi spectral (*spectral radiance*) yang telah dihitung sebelumnya.

Kemudian, suhu permukaan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ts = \frac{Tb}{1 + \left(\frac{\lambda Tb}{C2}\right) \ln \varepsilon} \quad (3)$$

di mana λ adalah panjang gelombang pusat untuk band TIRS yaitu 11.5 μm , C2 adalah konstanta Planck kedua (1.438×10^{-2} m K), dan ε adalah emisivitas di mana untuk badan air = 0.98, lahan bervegetasi = 0.95, dan lahan non vegetasi = 0.92.

Tahapan selanjutnya adalah menggunakan citra klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*) dan citra estimasi suhu permukaan untuk mengestimasi radiasi netto di Kota Sabang berdasarkan dari nilai albedo permukaan. Radiasi netto (Rn) dihitung sebagai selisih antara radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi dan radiasi yang dipantulkan atau dipancarkan kembali.

Kemudian *ground heat* (G) diestimasi sebagai energi yang digunakan untuk memanaskan permukaan bumi menggunakan persamaan berikut:

$$G = \varepsilon \times Rn \quad (4)$$

ε adalah koefisien yang bergantung pada jenis tutupan lahan, dengan $\varepsilon = 0.1$ untuk vegetasi dan $\varepsilon = 0.5$ untuk non vegetasi.

Selanjutnya, mengestimasi nilai *sensible heat* (H) menggunakan persamaan di bawah ini:

$$H = \frac{\beta(Rn - G)}{1 + \beta} \quad (5)$$

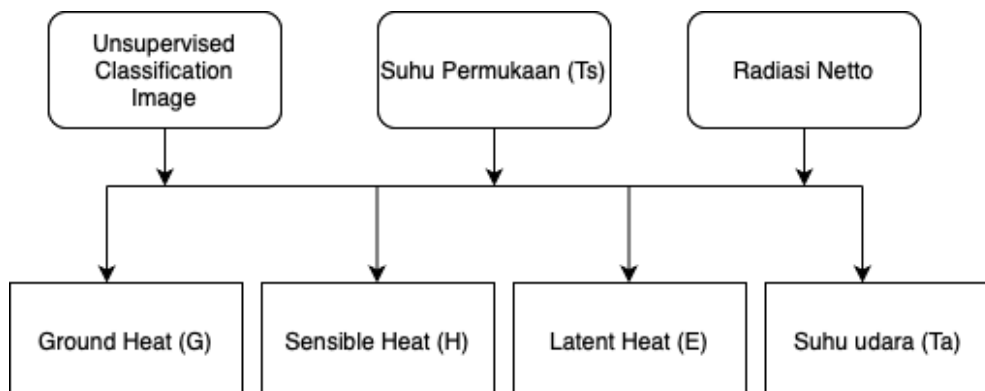
Di mana β adalah *Bowen ratio* dengan $\beta = 0.33$ untuk vegetasi dan $\beta = 4.0$ untuk non vegetasi. Rn adalah radiasi netto, dan G adalah *ground heat*. *Sensible heat* (H) dihitung sebagai energi yang digunakan untuk memanaskan udara. Selain itu, *latent heat* (E) dihitung sebagai energi yang terlibat dalam proses penguapan air (evaporasi) dan transpirasi vegetasi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = Rn - G - H \quad (6)$$

Terakhir suhu udara (Ta) diestimasi dengan mengikuti persamaan:

$$Ta = Ts - \left(\frac{HraH}{\rho_{air}cp} \right) \quad (7)$$

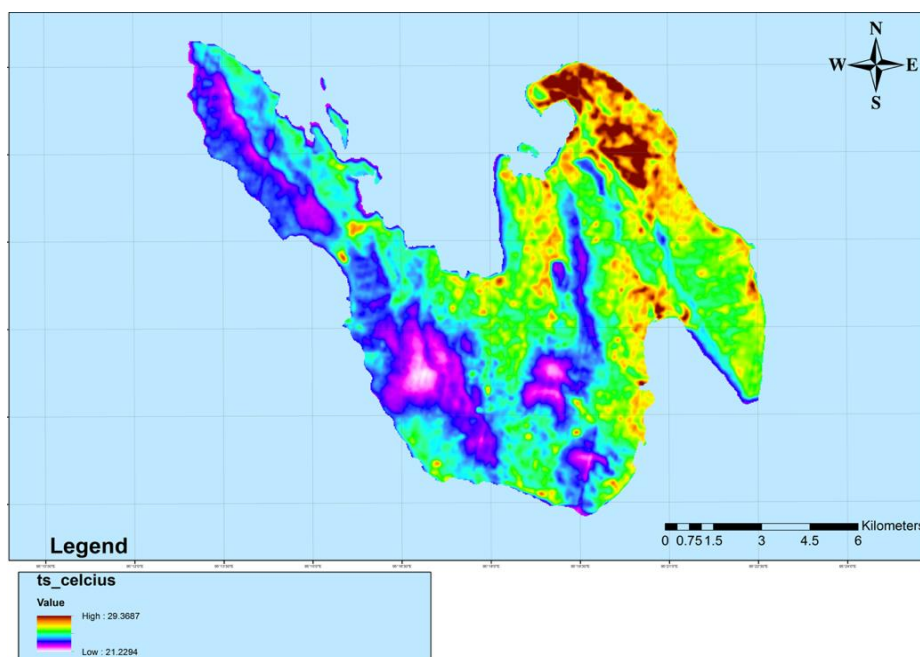
Keterangan, Ta : Suhu udara, Ts : Suhu permukaan, H : *Sensible heat* (W/m^2), raH : Tahanan aerodinamik untuk panas, $raH = 31.9u^{-0.96}$ s/m, ρ_{air} : Kerapatan udara, $\rho_{air} = 1.27 \text{ Kg/m}^3$, dan cp : Kapasitas panas spesifik udara pada tekanan konstan, $cp = 1004 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$



Gambar 1. Diagram alir prosedur estimasi suhu udara (T_a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil estimasi suhu permukaan di Kota Sabang, diperoleh bahwa nilai suhu permukaan maksimum mencapai $29,37^{\circ}\text{C}$, sedangkan nilai minimum adalah $21,23^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata $24,09^{\circ}\text{C}$ dan standar deviasi 1,15. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu permukaan di Kota Sabang memiliki variasi spasial yang cukup signifikan, meskipun secara umum berada dalam kisaran suhu yang relatif rendah untuk wilayah tropis.



Gambar 2. Peta estimasi suhu permukaan di Kota Sabang

Pada peta distribusi suhu permukaan, terlihat bahwa suhu tinggi (ditandai dengan warna merah dan kuning) terkonsentrasi di wilayah utara dan timur Kota Sabang. Area ini merupakan kawasan dengan tutupan lahan yang lebih terbuka atau area terbangun, yang memiliki konduktivitas termal tinggi, sehingga cenderung menyerap dan menyimpan lebih banyak energi panas matahari. Konduktivitas termal adalah kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas. Material dengan konduktivitas termal tinggi, seperti beton dan aspal, memiliki kapasitas untuk menyerap panas dari radiasi matahari pada siang hari dan melepaskannya secara perlahan pada malam hari, menyebabkan suhu permukaan yang lebih tinggi secara keseluruhan. Sebaliknya, material dengan konduktivitas termal rendah, seperti tanah yang

ditumbuhi vegetasi, lebih efektif dalam mempertahankan keseimbangan termal karena kemampuannya yang lebih rendah dalam menyimpan dan menghantarkan panas.

Suhu permukaan yang lebih rendah (ditandai dengan warna biru dan ungu) banyak ditemukan di bagian barat dan tengah Kota Sabang, yang merupakan wilayah dengan tutupan vegetasi yang lebih rapat. Vegetasi yang lebat dapat mengurangi suhu permukaan melalui beberapa mekanisme, termasuk evapotranspirasi, yaitu proses di mana tanaman menyerap air dari tanah dan melepaskannya ke atmosfer dalam bentuk uap air. Proses ini berkontribusi terhadap pendinginan alami karena membutuhkan energi panas dari lingkungan sekitar, sehingga membantu menurunkan suhu permukaan (Voogt, 2020). Selain itu, vegetasi juga memiliki sifat albedo yang lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan terbangun, yang berarti lebih banyak radiasi matahari yang dipantulkan kembali ke atmosfer daripada diserap.

Distribusi suhu permukaan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik seperti emisivitas dan kapasitas panas jenis suatu permukaan (Aziz & Torabi, 2012). Emisivitas merupakan kemampuan suatu permukaan untuk memancarkan energi radiasi dalam bentuk gelombang inframerah. Permukaan dengan emisivitas tinggi, seperti air dan vegetasi, lebih efisien dalam melepaskan energi panas, sehingga cenderung memiliki suhu yang lebih rendah. Sebaliknya, permukaan dengan emisivitas rendah, seperti beton dan aspal, menyerap lebih banyak panas dan melepaskannya dalam jumlah yang lebih kecil, sehingga menyebabkan peningkatan suhu permukaan. Selain itu, kapasitas panas jenis juga berperan dalam menentukan suhu permukaan suatu area. Kapasitas panas jenis adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk meningkatkan suhu suatu material per satuan massa. Material dengan kapasitas panas jenis tinggi, seperti air dan tanah lembab, dapat menyerap dan menyimpan lebih banyak panas tanpa mengalami perubahan suhu yang signifikan. Sebaliknya, material dengan kapasitas panas jenis rendah, seperti pasir dan beton, lebih cepat mengalami perubahan suhu karena tidak mampu menyimpan banyak energi panas. Oleh karena itu, area dengan permukaan yang memiliki emisivitas tinggi dan kapasitas panas jenis besar, seperti perairan dan lahan vegetasi, akan memiliki suhu yang lebih rendah karena kemampuannya dalam menyerap dan melepaskan energi secara lebih seimbang. Sebaliknya, area terbangun atau lahan terbuka yang memiliki kapasitas panas jenis rendah tetapi konduktivitas termal tinggi akan lebih cepat mengalami kenaikan suhu karena material-material seperti beton dan aspal dapat menyerap panas dalam jumlah besar tetapi tidak mampu menyimpannya dengan baik, sehingga meningkatkan suhu lingkungan di sekitarnya.

Dalam konteks kajian lingkungan, informasi suhu permukaan memiliki implikasi yang luas. Sebagai contoh, suhu permukaan dapat digunakan untuk menganalisis fenomena *Urban Heat Island* (UHI), di mana wilayah dengan tutupan lahan terbangun cenderung memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan area hijau sekitarnya. Selain itu, informasi suhu permukaan juga penting dalam kajian evapotranspirasi, kelembaban udara, serta kenyamanan iklim (Voogt, 2020).

Selanjutnya, hasil analisis neraca energi dan suhu udara yang ditampilkan dalam Tabel 2, terlihat bahwa tutupan lahan memengaruhi distribusi suhu udara dan neraca energi secara signifikan. Wilayah dengan tutupan vegetasi cenderung memiliki suhu udara yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah non-vegetasi. Pada wilayah vegetasi, *ground heat flux* (G) memiliki proporsi terbesar, yaitu 61%, diikuti oleh *latent heat flux* (E) dengan proporsi 30%, sementara *sensible heat flux* (H) memiliki proporsi terkecil, yaitu 9%. Sebaliknya, pada wilayah non-vegetasi, *latent heat flux* (E) mendominasi dengan proporsi 71%, diikuti oleh *ground heat flux* (G) sebesar 18%, dan *sensible heat flux* (H) sebesar 11%.

Sensible heat (H) merupakan energi yang digunakan untuk meningkatkan suhu udara. Berdasarkan penelitian sebelumnya, nilai H bervariasi tergantung pada jenis tutupan lahan, karena tiap lahan memiliki kapasitas panas yang berbeda (Maykut & Church, 1973; Jose et al., 2024; Xiang et al., 2024). Faktor utama yang mempengaruhi H meliputi suhu udara, suhu permukaan, dan tahanan aerodinamik. Dari diagram yang disajikan, dapat dilihat bahwa perbedaan proporsi H antara wilayah vegetasi dan non-vegetasi tidak terlalu signifikan, yakni hanya berbeda sekitar 2%.

Namun, wilayah vegetasi memiliki proporsi H yang lebih rendah, menunjukkan bahwa lebih sedikit energi yang digunakan untuk memanaskan udara dibandingkan dengan wilayah non-vegetasi.

Tabel 1. Komponen neraca energi dan suhu udara di Kota Sabang

Tutupan Lahan	G (Wm ⁻²)				H (Wm ⁻²)			
	$\bar{x}$	Stdev	Min	Max	$\bar{x}$	Stdev	Min	Max
Vegetasi	39.24	7.97	-65.37	48.998	254.01	51.6	-422.85	317.171
Non Vegetasi	34.7	2.16	-45.83	37.83	116.95	7.28	-154.48	127.52
	E (Wm ⁻²)				Ta (°C)			
	$\bar{x}$	Stdev	Min	Max	$\bar{x}$	Stdev	Min	Max
Vegetasi	63.5	12.9	-105.7	79.29	20.28	1.9	16.79	33.09
Non Vegetasi	233.9	14.57	-308.9	255.03	21.81	0.9	19.19	29.28



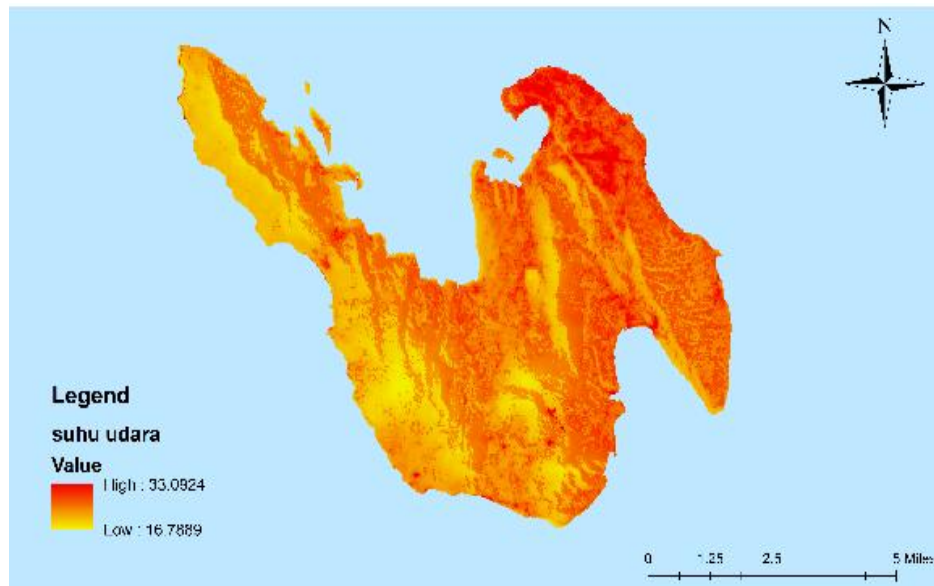
Gambar 3. Proporsi energi pada wilayah dengan vegetasi (a), dan pada wilayah non vegetasi (b)

Ground heat (G) mengacu pada energi yang diserap oleh permukaan tanah dan digunakan dalam berbagai proses fisik dan biologis. Pada wilayah vegetasi, G memiliki proporsi yang besar (61%), yang menunjukkan bahwa sebagian besar energi matahari digunakan untuk memanaskan permukaan tanah. Hal ini berkaitan dengan keberadaan tajuk vegetasi yang menutupi tanah, menyebabkan energi lebih banyak diserap oleh tanah dan disimpan dalam bentuk panas dibandingkan dengan wilayah non-vegetasi, yang hanya memiliki 18% untuk fluks panas tanah.

Sementara itu, *latent heat* (E) memiliki peran penting dalam proses evapotranspirasi, yang melibatkan penguapan air dari permukaan tanah (evaporasi) serta pelepasan uap air dari vegetasi (transpirasi). Pada wilayah non-vegetasi, E memiliki proporsi yang sangat dominan, yakni 61%. Hal ini disebabkan oleh adanya badan air yang diklasifikasikan sebagai wilayah non-vegetasi, sehingga terjadi penguapan dalam jumlah besar. Sebaliknya, pada wilayah vegetasi, fluks panas laten hanya memiliki proporsi 30%, menunjukkan bahwa energi yang digunakan untuk proses evapotranspirasi lebih kecil dibandingkan dengan wilayah non-vegetasi.

Distribusi energi di permukaan bumi memengaruhi suhu udara di suatu wilayah. Perbedaan dalam *ground heat flux* (G), *sensible heat flux* (H), dan *latent heat flux* (E) bergantung pada jenis tutupan lahan, yang menentukan seberapa banyak energi diserap atau dilepaskan. Variasi ini berkontribusi pada perbedaan suhu udara di berbagai area. Suhu udara dapat diestimasi

berdasarkan fungsi dari suhu permukaan dan *sensible heat flux* (H). Hasil estimasi suhu udara ditampilkan dalam bentuk peta distribusi suhu udara di Kota Sabang. Skala warna dalam peta menunjukkan variasi suhu udara, di mana warna yang lebih terang (menuju kuning) menandakan suhu yang lebih rendah, sedangkan warna yang lebih gelap menunjukkan suhu yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil estimasi, suhu udara minimum yang terdeteksi adalah 16,7°C, sedangkan suhu udara maksimum mencapai 33°C dan nilai rata-rata sebesar 20,76°C.



Gambar 4. Peta estimasi suhu udara di Kota Sabang

Distribusi suhu udara pada peta menunjukkan pola yang jelas di mana suhu udara cenderung lebih tinggi di daerah perkotaan dan lebih rendah di daerah dengan tutupan vegetasi yang rapat. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui kapasitas vegetasi dalam menyerap radiasi matahari dan mengurangi suhu udara melalui proses evapotranspirasi, di mana tumbuhan melepaskan uap air ke atmosfer, yang pada gilirannya menyebabkan pendinginan lingkungan sekitar. Sebaliknya, pada wilayah dengan tutupan lahan non-vegetasi atau area terbangun, lebih banyak menyerap energi matahari dan dipancarkan kembali sebagai radiasi termal, yang meningkatkan suhu udara di wilayah tersebut.

PENUTUP

Berdasarkan hasil estimasi suhu permukaan di Kota Sabang, diperoleh bahwa nilai suhu permukaan maksimum mencapai 29,37°C, sedangkan nilai minimum adalah 21,23°C, dengan rata-rata 24,09°C. Terlihat bahwa suhu tinggi terkonsentrasi di wilayah utara dan timur Kota Sabang. Area ini merupakan kawasan dengan tutupan lahan yang lebih terbuka atau area terbangun. Sedangkan suhu permukaan yang lebih rendah banyak ditemukan di bagian barat dan tengah Kota Sabang, yang merupakan wilayah dengan tutupan vegetasi yang rapat. Selain itu, hasil estimasi suhu udara menunjukkan pola yang sama dengan suhu udara minimum yang terdeteksi adalah 16,7°C, sedangkan suhu udara maksimum mencapai 33°C dan nilai rata-rata sebesar 20,76°C.

Distribusi suhu permukaan dan suhu udara pada peta menunjukkan pola yang jelas di mana suhu cenderung lebih tinggi di daerah perkotaan dan lebih rendah di daerah dengan tutupan vegetasi yang rapat. Hasil analisis ini menegaskan bahwa distribusi suhu permukaan dan suhu udara di Kota Sabang sangat dipengaruhi oleh karakteristik tutupan lahan. Oleh karena itu, keberadaan vegetasi yang rapat di Kota Sabang berperan penting dalam menjaga suhu tetap relatif rendah. Temuan ini juga dapat menjadi dasar bagi perencanaan tata ruang dan kebijakan lingkungan di Kota Sabang, terutama dalam menjaga keseimbangan antara pengembangan wilayah dan pelestarian

lingkungan untuk menghindari peningkatan suhu yang berlebihan akibat perubahan tata guna lahan.

REFERENSI

- Cermak, V., Bodri, L., Kresl, M., Dedeczek, P., & Safanda, J. (2017). Eleven years of ground–air temperature tracking over different land cover types. *International Journal of Climatology*, 37(2), 1084-1099.
- Cristóbal, J., Jiménez-Muñoz, J. C., Prakash, A., Mattar, C., Skoković, D., & Sobrino, J. A. (2018). An improved single-channel method to retrieve land surface temperature from the Landsat-8 thermal band. *Remote Sensing*, 10(3), 431.
- Fayshal, M. A. (2024). Simulating Land Cover Changes and It's Impacts on Land Surface Temperature: A Case Study in Rajshahi, Bangladesh. *Bangladesh (January 21, 2024)*.
- Jose, V., Chandrasekar, A., & Reddy Rodda, S. (2024). Impact of Historical Land Cover Changes on Land Surface Characteristics over the Indian Region Using Land Information System. *Pure and Applied Geophysics*, 181(8), 2561-2588.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Maykut, G. A., & Church, P. E. (1973). Radiation climate of barrow Alaska, 1962–66. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 12(4), 620-628.
- Aziz, A., & Torabi, M. (2012). Convective-radiative fins with simultaneous variation of thermal conductivity, heat transfer coefficient, and surface emissivity with temperature. *Heat Transfer—Asian Research*, 41(2), 99-113.
- Tran, D. X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S. W., Caetano, M., & Kieu, H. V. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 119-132.
- Voogt, J. A. (2020). Urban heat islands. In *Atmosphere and Climate* (pp. 265-272). CRC Press.
- Wiweka, W. (2014). Pola suhu permukaan dan udara menggunakan citra satelit Landsat Multitemporal. *Ecolab*, 8(1), 11-22.
- Xiang, X., Zhai, Z., Fan, C., Ding, Y., Ye, L., & Li, J. (2024). Modelling future land use land cover changes and their impacts on urban heat island intensity in Guangzhou, China. *Journal of Environmental Management*, 366, 121787.
- Zhang, Q., Guan, Y., Wu, X., Zhang, J., Li, R., Lin, K., & Wang, Y. (2025). Revealing the dynamic effects of land cover change on land surface temperature in global major bay areas. *Building and Environment*, 267, 112266.