

BAB II

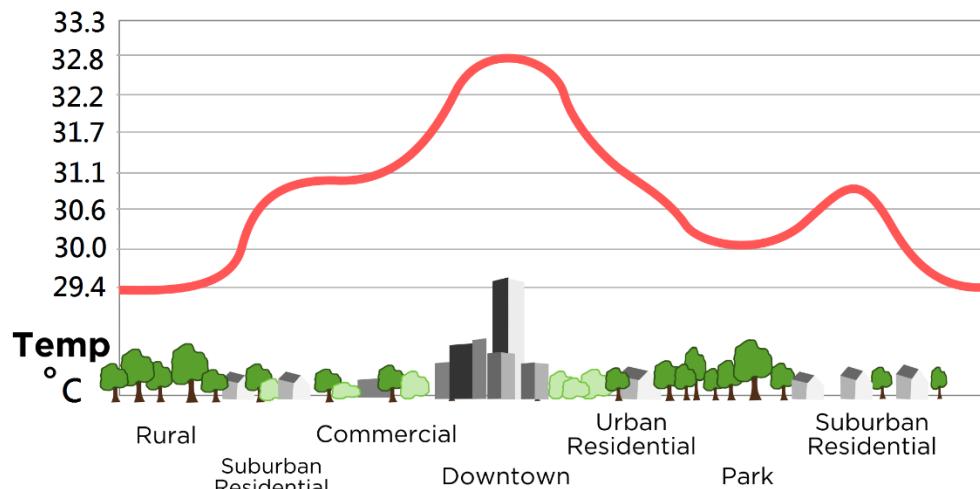
LANDASAN TEORI

II.1 *Urban Heat Island*

Urban heat island (UHI) atau biasa disebut kutub panas perkotaan merupakan karakteristik panas yang terdapat pada wilayah urban lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah non urban. Secara umum, UHI tidak hanya mengacu pada pertambahan suhu udara, namun juga dapat mengacu pada panas relatif permukaan ataupun material sub permukaan. UHI mempunyai dampak penting bagi kenyamanan manusia, polusi udara urban, manajemen energi, dan perencanaan kota. UHI dikota beriklim panas sangat tidak menguntungkan karena mengakibatkan banyaknya energi yang digunakan untuk mesin pendingin suhu, meningkatkan ketidaknyamanan manusia dan meningkatkan konsentrasi polusi udara. Tingkatan urbanisasi yang tinggi di negara-negara berkembang mengindikasikan bahwa jumlah manusia yang akan dipengaruhi oleh UHI akan semakin bertambah (Voogt, 2003).

Riset iklim perkotaan sudah lama mempelajari besarnya perbandingan suhu udara antara kota serta wilayah rural yang mengelilinginya. Secara tradisional, riset mengenai UHI diukur dengan menggunakan pengukuran in situ di lokasi yang kecil. Terdapat dua metode pengukuran temperatur yang dilakukan dalam studi-studi mengenai UHI, yaitu: 1) *Urban Canopy Layer* (UCL) yang mengukur suhu udara di antara dua elemen kasar dengan batas atas di bawah atap, contohnya di antara bangunan serta kanopi tumbuhan 2) *Urban Boundary Layer* (UBL) yang mengukur suhu udara di atas UCL dimana batas bawahnya subjek untuk dipengaruhi oleh permukaan urban. Adanya teknologi satelit penginderaan jauh membuat studi UHI yang dilakukan pada wilayah yang luas menjadi memungkinkan (Zulkarnain, 2016).

URBAN HEAT ISLAND PROFILE



Gambar II. 1 Suhu Udara di Pulau Panas dan Daerah Sekitarnya.

Sumber: (Taylor dan Kim, 2012)

Pada gambar II.1, terlihat jelas perbandingan suhu udara pada siang hari di wilayah perkotaan, wilayah pinggir kota dan perkampungan. Pada siang hari, suhu udara di daerah perkotaan lebih tinggi hingga mencapai 3 – 4 °C. Wilayah yang bervegetasi, suhu udaranya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan wilayah lahan permukiman. Wilayah sub-urban permukiman yang tidak bervegetasi juga memiliki suhu udara lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah sekitarnya yang bervegetasi. Wilayah tersebut pula dapat di sebut sub pulau panas, dan dalam perkembangannya akan menjadi pulau panas yang baru, bila pengembangan perkotaannya tidak mempertimbangkan efek lingkungan. Selain suhu udara, pulau panas juga membawa dampak terhadap perbedaan iklim dan kualitas udara di wilayah perkotaan dengan perkampungan (Zulkarnain, 2016).

II.2 Tutupan Lahan Mempengaruhi Suhu Permukaan

Dalam penelitian Zulkarnain, (2016), definisi tutupan lahan adalah perwujudan fisik suatu obyek serta menutupi lahan tanpa mempermasalahkan kegiatan manusia pada obyek dipermukaan bumi.

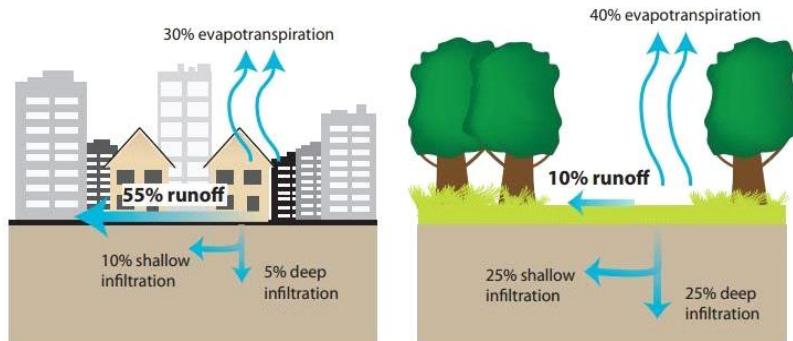
Dalam penelitian Tursilowati, (2000), struktur buatan manusia seperti jalan dan bangunan memiliki albedo rendah dibandingkan dengan permukaan natural dan menyerap lebih banyak radiasi. Albedo adalah perbandingan tingkatan sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi dengan yang dipantulkan kembali ke

atmosfer. Dengan demikian perihal tersebut membuktikan bahwa berkurangnya vegetasi dan bertambahnya permukaan urban akan menyebabkan dampak *Urban Heat Island* (UHI). Permukaan urban memiliki kecenderungan lebih cepat panas daripada permukaan natural. Hal ini dikarenakan permukaan urban bersifat lebih cepat melepaskan air dibandingkan permukaan natural yang bersifat dapat menahan air. Air yang berevaporasi atau mengalami penguapan mengeluarkan energi dari permukaan yang nantinya akan mendinginkan suhu permukaan. Artifisial struktur seperti bertambahnya massa permukaan bumi dapat menyimpan maupun melepas energi lebih banyak daripada permukaan lahan yang belum terbangun (Tursilowati, 2000).

Penelitian yang dilakukan oleh Fatimah (2012) tentang pola spasial suhu permukaan daratan di Kota Surabaya, menunjukkan bahwa suhu permukaan darat berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi. Sebaliknya, suhu permukaan darat berkorelasi positif dengan kerapatan bangunan. Semakin tinggi suhu permukaan daratan maka akan semakin tinggi kerapatan bangunannya dan semakin rendah kerapatan vegetasinya. Suhu permukaan darat yang rendah diperoleh pada wilayah dengan daerah pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering (Fatimah , 2012).

Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama namun dengan kapasitas panas yang berbeda-beda, sehingga suhu yang dihasilkan juga akan berbeda (Adiningsih, 2015). Objek yang memiliki kapasitas panas yang besar akan menghasilkan suhu permukaan yang rendah, sedangkan suatu benda berkapasitas panas yang kecil akan menghasilkan suhu permukaan yang tinggi. Kapasitas panas tersebut tergantung pada kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatannya. Kecepatan benda menjadi panas bergantung pada konduktivitas termal yang dimilikinya. Suatu benda jika mempunyai konduktivitas termal yang besar maka semakin cepat perambatan panas yang terjadi sehingga mengakibatkan suhu akan semakin besar. Bahan seperti beton mempunyai kapasitas panas yang kecil dan konduktivitas termal yang besar, sehingga permukaan beton akan cepat memanas dan menyebabkan suhu meningkat secara cepat (Adiningsih, 2015). Bahan sejenis beton mewakili jenis penutup lahan berupa industri dan permukiman. Sedangkan untuk objek air memiliki kapasitas panas paling besar dan konduktivitas

termal yang rendah sehingga suhu yang dihasilkannya pun akan rendah. Dengan kapasitas panas yang besar memungkinkan air melakukan penyerapan kalor secara besar-besaran dan disisi lain juga melepaskannya secara lambat melalui proses evaporasi/penguapan (Adiningsih, 2015).



Gambar II. 2 Permukaan Kedap Air dan Pengurangan Evapotranspirasi

Sumber: (Zulkarnain, 2016)

Triyani (2008) dalam penelitiannya terkait pola suhu permukaan kota di Kota Semarang, menemukan bahwa pola spasial suhu permukaan terpanas ($>25^{\circ}\text{C}$) pada tahun 2001 maupun 2006 menunjukkan pola yang sesuai dengan perkembangan daerah urban di bagian timur Kota Semarang (kearah selatan dan barat wilayah urban). Variasi spasial dalam suhu permukaan pada dasarnya dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi dan tutupan lahan dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 53,1% pada tahun 2001 dan 54,7% pada tahun 2006.

Perubahan luas lahan disebabkan oleh penambahan populasi penduduk dan aktivitasnya. Perubahan lahan juga mempengaruhi distribusi suhu permukaan di wilayah tersebut. Meskipun demikian, perubahan luas lahan bukan merupakan satu-satunya faktor yang menyebabkan perubahan suhu. Terdapat faktor lainnya, seperti gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Khusaini, 2008). Lebih lanjut dirujuk dalam penelitiannya di Kota Bogor, berkurangnya luas lahan terjadi pada penutupan lahan berupa badan air, vegetasi, ladang, dan semak dan rumput pada tahun 1997 hingga 2006. Peningkatan luasan terjadi pada wilayah penutupan lahan terbangun yang sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk. Sementara itu, distribusi suhu permukaan di Kota Bogor pada tahun 1997 hingga 2006 terjadi peningkatan luas penyebaran pada kelas suhu $24\text{-}28^{\circ}\text{C}$

dan terjadi penurunan luas penyebaran pada kelas suhu 20-24 °C (Zulkarnain, 2016).

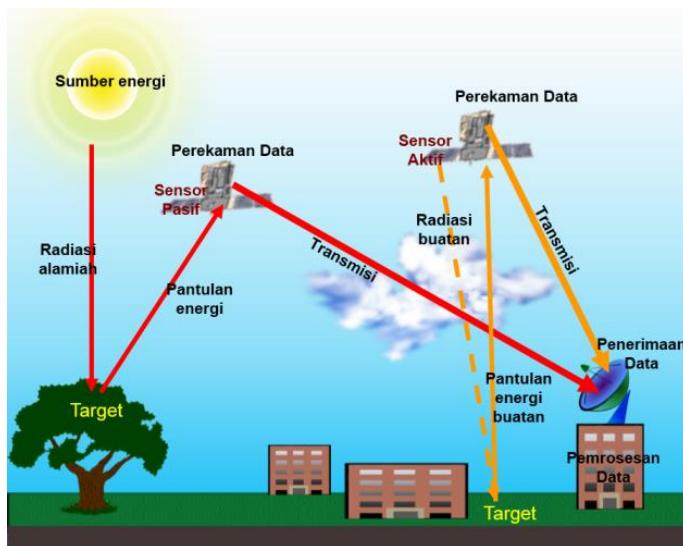
II.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Yusuf dan Rijal, 2018). Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindera atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh umumnya dipasang pada wahana yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Objek yang diindera adalah objek yang terletak di permukaan bumi, di atmosfer (dirgantara) dan di antariksa. Pengumpulan data dari jarak jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi daya, distribusi gelombang bunyi atau distribusi gelombang elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imagery*), grafik dan atau data numerik (Ramdhani, 2018).

Data penginderaan jauh dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Apabila penerjemahan tersebut dilakukan secara digital dengan bantuan komputer disebut interpretasi digital (Ramdhani, 2018).

Analisis data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diindera. Informasi tersebut bagi para pengguna dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dalam mengembangkan daerah tersebut. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data, analisis data hingga penggunaan data disebut sistem penginderaan jauh (Septian dkk, 2020).

Konsep dasar sistem inderaja berawal dari perekaman obyek pada permukaan bumi (Triyani, 2008). Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif yang berasal dari matahari, melakukan perjalanan tenaga melewati atmosfer yang selanjutnya berinteraksi dengan benda-benda yang terdapat pada permukaan bumi. Pantulan atau pancaran tenaga dari permukaan bumi tersebut direkam oleh sensor penginderaan jauh yang biasanya terpasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Hasil rekaman oleh sensor tersebut kemudian dikirimkan kepada stasiun penerima data yang ada di bumi. Data yang direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital, diproses di laboratorium pengolahan data untuk selanjutnya didistribusikan ke pengguna untuk berbagai keperluan (Zulkarnain, 2016).



Gambar II. 3 Alur Kerja Dalam Sistem Penginderaan Jauh

Sumber: (Zulkarnain, 2016)

Penilaian perubahan fenomena di permukaan bumi, termasuk tutupan lahan maupun suhu permukaan, dengan penginderaan jauh dapat dilakukan dengan menggunakan data yang terdapat pada citra multitemporal, yakni pada wilayah yang sama dalam waktu yang berbeda (Syah, 2010). Hal tersebut misalnya berkaitan dengan sifat tutupan lahan yang dinamis atau terus mengalami perubahan baik di wilayah pedesaan maupun perkotaan, seperti perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun. Informasi perubahan fenomena permukaan bumi pada daerah penelitian dapat diperoleh dengan interpretasi citra satelit secara temporal (Zulkarnain, 2016).

II.4 Citra Landsat

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumberdaya alam yang pertama, yang disebut ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (*Retore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m. Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan serisir berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6,7 dan terakhir adalah Landsat 8 yang diorbitkan tanggal 11 Februari 2013 (Zulkarnain, 2016).

Peluncuran Landsat TM 7 pada tahun 1998 merupakan perbaikan dari Landsat 6 yang gagal mengorbit. Dengan sistem *Thematic Mapher*, sensor satelit merekam data permukaan bumi dengan lebar sapuan (*scanning*) sebesar 185 km. Perekaman yang digunakan menggunakan 7 (tujuh) saluran panjang gelombang, meliputi tiga saluran panjang gelombang tampak, tiga saluran panjang gelombang inframerah dekat, dan satu saluran panjang gelombang inframerah termal. Pada tahun 2013 Landsat 8 diluncurkan untuk melanjutkan misi Landsat 7. Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Sensor pencitra TIRS dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (Sitanggang, 2013). Sensor pencitra OLI memiliki kanal spektral yang serupa dengan sensor ETM+ pada Landsat 7. Kanal baru yang terdapat pada sensor OLI ini, antara lain: kanal untuk deteksi aerosol garis pantai (kanal 1: 443 nm) dan kanal untuk deteksi *cirrus* (kanal 9: 1375 nm).

Tabel II. 1 Perbandingan Spektral Landsat 8 dan Landsat 7

Landsat-7 ETM+		Landsat-8 OLI and TIRS	
Kanal	Resolusi Spasial	Kanal	Resolusi Spasial
		1- <i>Coastal/Aerosol</i>	30 m
1- <i>Blue</i>	30 m	2- <i>Blue</i>	30 m
2- <i>Green</i>	30 m	3- <i>Green</i>	30 m
3- <i>Red</i>	30 m	4- <i>Red</i>	30 m
4- <i>NIR</i>	30 m	5- <i>NIR</i>	30 m
5- <i>SWIR-1</i>	30 m	6- <i>SWIR-1</i>	30 m
6- <i>TIR</i>	60 m	10- <i>TIR-1</i>	100 m
		11- <i>TIR-2</i>	100 m
7- <i>SWIR-2</i>	30 m	7- <i>SWIR-2</i>	30 m
8- <i>panchromatic</i>	15 m	8- <i>panchromatic</i>	15 m
		9- <i>Cirrus</i>	30 m

Sumber: (<http://Landsat.gsfc.nasa.gov>, 2016)

II.5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indeks Vegetasi atau *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara kanal merah dan kanal NIR (*Near-Infrared*) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Noviantoro dkk, 2017).

Pilihan 2 Kanal tentunya dilakukan dengan berbagai pertimbangan, yaitu pemantulan cahaya oleh objek (*Reflectance*), penyerapan cahaya oleh objek (*Absorptance*) dan pelolosan cahaya oleh objek (*Transmittance*). Pemantulan maksimum pada vegetasi terjadi pada panjang gelombang *Near Infrared*. Pemantulan maksimum disebabkan oleh struktur daun (mesofil) yang dapat meningkatkan pemantulan gelombang *Near Infrared*. Penyerapan maksimum terjadi pada panjang gelombang *Visible Red*. Penyerapan disebabkan oleh zat hijau daun (As-syakur, 2009).

Persamaan NDVI merupakan hasil dari pengurangan antara *Near Infrared* dikurangi dengan *Red* dibagi dengan penjumlahan *Near Infrared* ditambah dengan

Red, sebelum melakukan persamaan tersebut terlebih dahulu input-an kanal harus dikoreksi secara radiometrik (Nyoman, 2018). Perhitungan nilai indeks NDVI dapat dilihat pada persamaan (1).

Keterangan :

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR : Panjang gelombang inframerah

Red : Panjang gelombang merah

Metode ini akan digunakan untuk menentukan fraksi penutup vegetasi (*Fractional Vegetation Cover*) hingga pada akhirnya akan menjadi salah satu parameter untuk menentukan suhu permukaan tanah (Burgan dan Hartford, 1993). Hasil rumus di atas menghasilkan nilai antara -1 dan +1. Jika memiliki reflektansi rendah (atau nilai rendah) di saluran merah dan reflektansi tinggi di saluran NIR, ini akan menghasilkan nilai NDVI yang tinggi, begitupun sebaliknya. Secara keseluruhan, NDVI adalah cara standar untuk mengukur vegetasi yang sehat. Ketika nilai NDVI tinggi maka memiliki vegetasi yang lebih sehat Apabila memiliki NDVI rendah, maka memiliki lebih sedikit atau tidak ada vegetasi. Secara umum, jika ingin melihat perubahan vegetasi dari waktu ke waktu, maka harus melakukan koreksi atmosfer (U.S. Geological Survey, 2016).

II.6 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

Di samping indeks vegetasi terdapat pula Indeks Urban, yaitu parameter yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerapatan bangunan. Indeks urban atau sering disebut sebagai *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI). NDBI merupakan suatu metode persamaan algoritma yang berfungsi untuk mencari atau menunjukkan indeks kerapatan lahan terbangun (Suwarsono dan Khomarudin, 2014). Indeks urban memiliki korelasi yang negatif terhadap indeks vegetasi sehingga keduanya saling berbanding terbalik. Hal ini dikarenakan kanal NIR merupakan saluran yang sangat sensitif untuk mendeteksi vegetasi, sedangkan reflektasi untuk lahan terbuka dan lahan terbangun sangat rendah, serta saluran ini juga mampu menunjukkan kandungan air dalam tanaman dan

tanah. Sedangkan kanal/saluran SWIR (*Short wavelength Infra Red*) dapat mencerminkan kandungan kelembaban pada berbagai penggunaan tanah dan dapat berfungsi untuk membedakan tanaman tanah serta bangunan dengan baik (Trinufi dan Rahayu, 2020).

Model NDBI ini sangat bermanfaat untuk memonitoring serta perencanaan penggunaan lahan karena NDBI sangat sensitif terhadap lahan terbangun. (Zha dkk, (2003) mengembangkan perhitungan nilai NDBI dari data Landsat TM, dimana perhitungan nilai indeks NDBI dapat dilihat pada persamaan (2).

Keterangan :

NDBI : *Normalized Difference Built-up Index*

SWIR I : Panjang gelombang pendek inframerah I

NIR : Panjang gelombang inframerah

II.7 Suhu Permukaan

Suhu merupakan gambaran umum energi pada suatu benda. Hal ini disebabkan oleh tingkat kemampuan benda dalam memberi atau menerima panas. Suhu seringkali dinyatakan sebagai energi kinetis rata-rata suatu benda yang dinyatakan dalam derajat suhu. Suhu di permukaan bumi makin rendah dengan bertambahnya lintang seperti halnya penurunan suhu menurut ketinggian. Pada kenyataannya bumi merupakan sumber pemanas, sehingga semakin tinggi suatu tempat semakin rendah suhunya (Utomo dkk, 2017).

Sementara itu menurut Sutanto (2017), suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek. Suhu permukaan suatu objek tidak sama tergantung pada sifat fisik permukaan objek. Sifat fisik objek tersebut adalah emisivitas, kapasitas panas jenis dan konduktivitas thermal. Jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang tinggi sedangkan konduktivitas thermal nya rendah maka suhu permukaannya akan menurun, contohnya pada permukaan tubuh air. Sedangkan jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang rendah dan konduktivitas thermal nya tinggi maka suhu permukaan akan meningkat, contohnya pada permukaan darat. Secara umum suhu permukaan tertinggi akan

terdapat di pusat kota dan menurun secara bertahap ke arah pinggiran kota sampai ke desa (Khusaini, 2008).

Suhu permukaan merupakan rata-rata suhu jenis permukaan di tiap piksel, yang dihitung dengan tutupan bobotnya (Fatimah, 2012). Hasil pengukuran kanal termal pada data satelit dapat digunakan untuk pemetaan pola suhu permukaan pada skala waktu dan spasial yang lebih luas. Pada permukaan bervegetasi, suhu permukaan secara tidak langsung dikendalikan oleh ketersediaan air pada mintakat (zone) perakaran dan secara langsung oleh evapotranspirasi (Zulkarnain, 2016). Berikut adalah beberapa tahapan untuk menentukan suhu permukaan tanah :

II.7.1 Konversi *Digital Number (DN)* ke Spektral Radian

Dalam Landsat 7 *Science Data Users Handbook* diterangkan mengenai konversi nilai DN kanal 6 menjadi nilai suhu permukaan pada citra Landsat 7 ETM+. Huang dkk, (2010) mengatakan nilai spektral radian adalah fluks radian per unit pada sudut tertentu yang diradiasikan oleh suatu objek ke arah tertentu. Zulkarnain (2016), mengatakan nilai radian spektral digunakan untuk pengolahan yang berhubungan dengan suhu permukaan. Sebelum peluncuran satelit, hubungan antara nilai spektral radian dan nilai piksel (DN) telah ditentukan (kalibrasi sensor). Pada kanal termal, konversi DN menjadi nilai spektral radian dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (3).

$$L\lambda = \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{QCAL_{max} - QCAL_{min}} \right) * (QCAL - QCAL_{min}) + L_{min} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

Lλ : Spektral radian kanal_x dalam watts/(m² * ster * μm)

QCAL : Nilai piksel citra satelit DN

Lmin : Spektral radian QCALmin dalam watts/(m² * ster * μ m)

Lmax : Spektral radian QCALmax dalam watts/(m² * ster * μ m)

QCALmin : Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra

QCALmax : Nilai kalibrasi minimum dari nilai piksel citra

Sementara itu, untuk Landsat 8 konversi nilai DN menjadi nilai spektral radian dihitung berdasarkan rumus pada persamaan (4).

Keterangan :

$L\lambda$: Spektral radian bad_x dalam watts/(m² * ster * μ m)

M_L : Multiplicative rescaling factor

Q_{cal} : Nilai piksel DN

A_L : Additive rescaling factor

II.7.2 *Top Of Atmosphere* (TOA) Spektral Reflektan

Selain menggunakan kanal termal, perolehan suhu permukaan menggunakan kanal *red* dan kanal *NIR* untuk menentukan kerapatan vegetasi, proporsi vegetasi dan emisivitas objek berdasarkan indeks vegetasi. Pada Landsat 7 konversi ke nilai reflektan pada kanal *red* dan kanal *NIR*, yaitu dengan menggunakan rumus pada persamaan (5) (Zulkarnain, 2016).

$$\rho\lambda = \frac{(\pi \cdot L\lambda \cdot d^2)}{(\text{ESUN}_\lambda \cdot \cos\theta_s)}, \quad \dots \quad (5)$$

Keterangan :

$\rho\lambda$: *Top of Atmosphere* (TOA) Reflektan

π : Konstanta matematika (3,14159)

$L\lambda$: Spektral radian kanal_x dalam watts/(m² * ster * μ m)

d : Jarak Bumi-Matahari

ESUNλ : Mean exoatmospheric solar irradiance watts/(m² * μm)

Sedangkan untuk Landsat 8 menggunakan rumus pada persamaan (6).

Keterangan :

$\rho\lambda'$: Reflektan (TOA) tanpa koreksi sudut zenith matahari

M_P : Multiplicative rescaling factor

Q_{cal} : Nilai piksel (Digital Number)

A_p : Additive rescaling factor

Nilai reflektan yang dihasilkan dari persamaan (6) merupakan nilai reflektan yang belum dikoreksi sudut zenith matahari. Untuk memperoleh nilai reflektan yang terkoreksi sudut zenith mataharinya maka digunakan rumus pada persamaan (7).

Keterangan :

ρ_{λ}^{\prime} : *Top of Atmosphere* (TOA) Reflektan tanpa koreksi sudut zenith matahari

θ_{SE} : Sudut elevasi matahari

II.7.3 Brightness Temperature

Setelah itu kanal TIRS dari pancaran spektral radian ke *brightness temperature* menggunakan sensor konstanta termal. *Brightness temperature* merupakan suhu efektif yang dilihat oleh satelit dengan asumsi emisivitas persatuan (Zulkarnain, 2016). Rumus konversi konversi dari nilai radian ke *brightness temperature* dapat dilihat pada persamaan (8).

Keterangan :

BT : Brightness Temperature (°C)

K₁ : Konstanta konversi

K₂ : Konstanta konversi

L : Radian spektral pada kanal ke-1 ($\text{Wm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$)

II.7.4 Fraksi Vegetasi

NDVI memiliki rentang nilai -1 sampai 1. -1 adalah air dan +1 adalah vegetasi, mendekati ke 0 adalah tanah terbuka. Kita tidak dapat menggunakan nilai minus untuk pengolahan emisivitas. Hal yang mendasari adalah air memiliki nilai emisivitas tinggi, hampir menyamai vegetasi. Langkah berikutnya adalah bagaimana membuat nilai NDVI menjadi positif dengan rentang nilai 0 – 1. Salah satu solusi adalah menggunakan P_v merupakan fraksi vegetasi, dengan nilai bervariasi dari 0,00 - 1,00 (Carlson dan Ripley, 1997). Untuk mendapatkan nilai P_v maka diperlukan menskalakan NDVI untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energi permukaan. Nilai P_v didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan (9).

Keterangan :

P_V : Fraksi Vegetasi

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NDVI_{min} :Nilai minimal NDVI

NDVI_{max} : Nilai maksimal NDVI

II.7.5 Land Surface Emissivity (LSE)

Land Surface Emissivity (LSE) atau biasa disebut Emisivitas permukaan tanah merupakan perbandingan tenaga pancaran suatu benda tertentu pada suhu tertentu dibandingkan dengan pancaran benda hitam pada objek yang sama (Weng, 2003). LSE sangat tergantung pada kekasaran permukaan, sifat tutupan vegetasi, dan laim-lain (Zulkarnain, 2016). Untuk mendapatkan nilai emisivitas permukaan tanah maka digunakan rumus pada persamaan (10).

Keterangan :

ε : Emisivitas permukaan tanah

P_V : Fraksi Vegetasi

Penentuan emisivitas membutuhkan nilai emisivitas tanah dan vegetasi. Untuk nilai emisivitas vegetasi $ev = 0.985 \pm 0.007$, nilai emisivitas vegetasi hasil

pengukuran berkisar pada nilai 0.980-0.990 pada panjang gelombang 10.5-12.5 μm . Untuk emisivitas tanah digunakan nilai $\epsilon_s = 0.960 \pm 0.010$. Semakin kasar dan hitam pada suatu benda, maka nilai emisivitasnya mendekati satu (Fawzi, 2014).

II.7.6 Land Surface Temperature (LST)

Land Surface Temperature (LST) atau Suhu permukaan tanah didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek, dapat juga didefinisikan sebagai suhu rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan satu pixel dengan tipe permukaan yang berbeda-beda. Pada lahan terbuka, suhu permukaan dapat diartikan sebagai suhu permukaan lahan atau yang biasa dikenal *Land Surface Temperatur* (Wiweka, 2014).

Secara umum, LST dapat diperkirakan dengan menerapkan algoritma matematika terstruktur seperti *mono- window* (MW), *split window* (SW), *single channel* (SC) dan *algoritma multi angle* (MA). Algoritma ini menggunakan *Brightness Temperature* (BT) dari kanal TIRS dan perbedaan dalam emisivitas permukaan tanah untuk memperkirakan LST suatu daerah. Algoritma *mono-window* telah digunakan untuk memperkirakan LST (Rongali dkk, 2018). Nilai suhu permukaan tanah dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (11).

Keterangan :

LST : Suhu Permukaan Tanah (°C)

BT : *Brightness Temperature*

W : Nilai panjang gelombang kanal 10

$$P (hc/\sigma) : 1.4388 \times 10^{-2} \text{ mK}$$

h · Konstanta planck ($6,26 \times 10^{-34}$ Jsec)

c : Kecepatan cahaya ($2.998 \times 10^8 \text{ m/s}^{-1}$)

σ : Konstanta stefan-boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$)

s : Emisivitas permukaan tanah

II.8 Populasi dan Sampel

Sugiyono, (2004) mendefinisikan populasi sebagai wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek atau subyek yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari. Populasi yang didefinisikan dalam penelitian ini adalah jumlah seluruh piksel yang ada pada peta citra landsat Kota Metro dimana ukuran tiap piksel tersebut adalah 30x30 meter. Populasi penelitian ini terhitung berjumlah 165.240 piksel, yang mencakup seluruh wilayah Kota Metro pada peta citra Landsat.

Jumlah sampel yang akan diambil, ditentukan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Slovin. Dengan jumlah populasi sebesar 165.240 piksel maka jumlah sampel yang harus diambil dapat ditentukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (12).

Keterangan :

n : Jumlah sampel

N : Jumlah populasi

e : Persen kelonggaran ketidaktelitian kesalahan (10%)

II.9 Regresi Linier Berganda

Model regresi linier berganda merupakan suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antara dua atau lebih variabel bebas/ *predictor* (X_1, X_2, \dots, X_n) dan satu variabel tak bebas/ *response* (Y). Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan memuat prediksi/perkiraan nilai Y atas nilai X (Yuliara, 2016). Bentuk umum persamaan regresi linier berganda dapat dilihat pada persamaan (13).

Keterangan :

Y : Variabel tidak bebas (*dependent*)

$\alpha_0, \dots, \alpha_k$: Koefisien regresi

x_1, \dots, x_k : Variabel bebas (*independent*)

e : Kesalahan Penganggu

II.10 Koefisien Korelasi

Studi yang membahas derajat hubungan antara variabel-variabel tersebut dikenal dengan nama analisis korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama data kuantitatif dinamakan koefisien korelasi. Besarnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan “r” yang besarnya adalah akar koefisien determinasi (Nana dan Elin, 2018).

Untuk mengetahui keeratan hubungan antara dua variabel dengan menggunakan koefisien korelasi adalah dengan menggunakan nilai absolut dari koefisien tersebut. Besarnya koefisien korelasi (r) antara dua variabel adalah nol sampai dengan 1. Apabila dua buah variabel mempunyai nilai $r = 0$, berarti antara dua variabel tersebut tidak ada hubungan. Sedangkan apabila dua buah variabel mempunyai $r = \pm 1$, maka dua buah variabel tersebut mempunyai hubungan yang sempurna (Nana dan Elin, 2018). Derajat hubungan antara variabel-variabel dapat dilihat pada tabel II. 2.

Tabel II. 2 Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,339	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber : (Nana dan Elin, 2018)

Hubungan antar variabel dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis hubungan sebagai berikut :

1. Korelasi Positif

Terjadinya korelasi positif apabila perubahan pada variabel yang satu diikuti dengan perubahan variabel yang lain dengan arah yang sama (berbanding lurus). Artinya, apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti dengan peningkatan variabel lain.

2. Korelasi Negatif

Korelasi negatif terjadi apabila perubahan pada variabel yang satu diikuti dengan perubahan variabel yang lain dengan arah yang berlawanan (berbanding terbalik). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti dengan penurunan pada variabel yang lain dan sebaliknya.

3. Korelasi Nihil

Korelasi nihil terjadi apabila perubahan pada variabel yang satu diikuti perubahan pada variabel yang lain dengan arah yang tidak teratur (acak), artinya apabila variabel yang satu meningkat, kadang diikuti dengan peningkatan pada variabel yang lain dan kadang diikuti dengan penurunan pada variabel yang lain.

II.11 Uji Asumsi Klasik

Menurut Mardiatmoko, (2020) uji asumsi klasik terhadap model regresi linier yang digunakan dilakukan agar dapat diketahui apakah model regresi baik atau tidak. Tujuan pengujian asumsi klasik adalah untuk memberikan kepastian bahwa persamaan regresi yang diperoleh memiliki ketepatan dalam estimasi, tidak bias, dan konsisten. Sebelum melakukan analisis regresi terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis regresi antara lain: normalitas, homoskedastisitas, non autokorelasi, non multikolinieritas, dan linearitas (Mardiatmoko, 2020).

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dimaksudkan untuk menguji apakah nilai residual dalam persamaan regresi berdistribusi normal atau tidak. Nilai residual dikatakan berdistribusi normal jika nilai residual tersebut sebagian besar mendekati nilai rata-rata. Uji normalitas yang tidak terpenuhi secara umum disebabkan oleh distribusi data yang analisis tidak normal, karena terdapat nilai ekstrem pada data yang diambil. Nilai ekstrem dapat terjadi karena adanya kesalahan dalam pengambilan sampel, bahkan kesalahan dalam melakukan input data atau memakai karakteristik data tersebut sangat jauh berbeda (Suliyanto, 2011).

Salah satu metode untuk menguji kenormalan residual pada persamaan regresi adalah dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov (Suliyanto, 2011). Uji normalitas dengan menggunakan uji statistik non-parametrik Kolmogorov-Smirnov merupakan uji normalitas menggunakan fungsi distribusi komlatif. Nilai residual terstandarisasi berdistribusi normal jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ atau nilai Signifikan $> 0,05$ (Suliyanto, 2011).

2. Uji Multikolinearitas

Menurut Mardiatmoko, (2020) kasus multikolinearitas adalah kejadian adanya korelasi antar variabel bebas. Artinya ada korelasi antara X_1, X_2, \dots, X_n . Uji multikolinearitas bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antara variabel bebas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi antara variabel bebas. Pengujian multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai *tolerance* dan nilai *VIF* nya. Suatu model regresi dikatakan bebas dari multikolinearitas jika nilai *tolerance* $> 0,1$ atau sama dengan nilai *VIF* < 10 (Mardiatmoko, 2020).

3. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas adalah keadaan yang mana dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi dari residu pada satu pengamatan ke pengamatan yang lain (Mardiatmoko, 2020). Model regresi yang baik adalah tak terjadi heteroskedastisitas. Melihat pola titik pada *Scatterplot* dengan cara melihat grafik *scatterplot* antara *standardized predicted value* dengan *standardized residual*, ada tidaknya pola tertentu pada grafik *scatterplot* antara *standardized predicted value* dengan *standardized residual* yang mana sumbu Y adalah yang telah diprediksi dan sumbu X adalah residual ($Y_{\text{prediksi}} - Y_{\text{asli}}$) (Mardiatmoko, 2020). Pengambilan keputusan yaitu:

1. Bila terdapat pola tertentu seperti titik-titik yang membentuk suatu pola tertentu yang teratur maka terjadi heteroskedastisitas.

2. Bila tak ada pola yang jelas seperti titik menyebar diatas dan dibawah angka nol pada sumbu Y maka tak terjadi heteroskedastisitas.
4. Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi adalah terdapat korelasi antara residual pada periode t dengan residual pada periode sebelumnya (t-1) (Mardiatmoko, 2020). Salah satu cara untuk melakukan uji autokorelasi adalah dengan menggunakan uji *Durbin Watson*. Uji *Durbin-Watson* (Uji D-W) merupakan uji yang sangat populer untuk menguji ada-tidaknya masalah autokorelasi dari model empiris yang diestimasi. Syarat yang digunakan dalam Uji Durbin-Watson adalah nilai yang didapatkan harus lebih dari satu dan kurang dari tiga (Mardiatmoko, 2020).

II.12 Kartografi

Menurut ICA (*International Cartography Association*, 1973) kartografi merupakan seni, ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pembuatan peta-peta, sekaligus mencakup studinya sebagai dokumen-dokumen ilmiah dan hasil karya seni. Oleh ICA telah ditetapkan bahwa kartografi mempunyai lingkup operasional dimulai dari pengumpulan data, klasifikasi, analisa data, sampai kepada reproduksi peta, evaluasi dan penafsiran daripada peta (Asiyah dkk, 2020)

Arti istilah kartografi telah berubah secara fundamental sejak tahun 1960. sebelumnya kartografi didefinisikan sebagai "pembuatan peta". Perubahan definisi disebabkan oleh 1) kenyataan bahwa kartografi telah dikelompokkan dalam bidang ilmu komunikasi dan 2) hadirnya teknologi komputer. Mengacu dari definisi kartografi sebelumnya, kartografi sekarang didefinisikan sebagai "penyampaian informasi geospasial dalam bentuk peta". Hal ini menghasilkan pandangan, tidak hanya sebagai pembuatan peta semata, tetapi penggunaan peta juga termasuk pada bidang kartografi. Dan benar bahwa hanya dengan menelaah penggunaan peta, dan pengolahan peta, dan pengolahan informasi yang dipetakan oleh pengguna, memungkinkan untuk mengecek apakah informasi di dalam peta dipresentasikan dengan cara yang terbaik (Hari dkk, 2015)

Kartografi adalah suatu teknik yang secara mendasar dihubungkan dengan kegiatan memperkecil keruangan suatu daerah yang luas, sebagian atau seluruh permukaan bumi, atau benda-benda angkasa dan menyajikan dalam suatu bentuk yang dapat mudah diobservasi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan komunikasi. Secara umum komunikasi dapat diartikan sebagai pemindahan pengetahuan, ide atau informasi dari seseorang kepada orang lain atau kepada suatu kelompok (Utami, 2019).

II.13.1 Peta

Pengertian Peta Definisi peta menurut Erwin Raisz (1948), adalah “Gambaran konvensional daripada permukaan bumi seperti kenampakannya kalau dilihat tegak lurus dari atas dan diberi tulisan serta keterangan bagi kepentingan pengenalan” (Utami, 2019).

Menurut Sudiharjo (1977), definisi dari Erwin Raisz tersebut pada waktu sekarang tidak dapat memenuhi semua macam peta, terutama sebagian besar dari pada peta-peta tematik dan peta-peta yang menyangkut tubuh-tubuh atau benda-benda ruang angkasa (Utami, 2019).

Sedangkan definisi peta menurut ICA (*International Cartographic Assosiation*) ialah: “Peta adalah gambaran konvensional dan selektif yang diperkecil, biasanya dibuat pada bidang datar, dapat meliputi perujudan-perujudan (*features*) dari pada permukaan bumi atau benda angkasa, letak maupun data yang ada kaitannya dengan permukaan bumi atau benda angkasa” (Utami, 2019).

Dari berbagai definisi yang ada maka pengertian peta dapat disederhanakan sebagai berikut: ”Peta adalah gambaran dari permukaan bumi dengan ukuran yang lebih kecil biasanya dengan skala tertentu dan digambarkan di atas bidang datar dalam bentuk simbol-simbol yang sifatnya selektif serta melalui suatu sistem proyeksi tertentu (Utami, 2019).

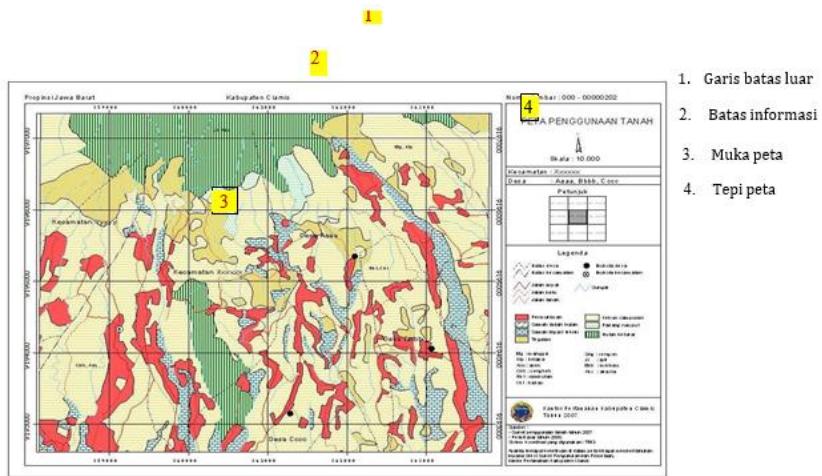
II.13.2 Tata Letak Peta

Tata letak suatu peta merupakan pengaturan data spasial dari berbagai macam elemen atau komponen peta. Untuk dapat memperoleh informasi yang lebih lengkap tentang pola dan bentuk-bentuk muka bumi pada peta, pengguna peta harus lebih dahulu memahami komponen peta serta unsur-unsur penyusun peta dan fungsi dari unsur peta tersebut (Utami, 2019).

Suatu peta pada umumnya terdiri atas dua komponen utama yaitu muka peta dan informasi tepi peta, untuk masing masing komponen peta tersusun atas beberapa unsur peta yang keberadaanya sesuai dengan maksud dan tujuan pemetaannya, sehingga peta akan menjadi lebih informatif dan mudah dimengerti. Untuk mengetahui maksud dari tata letak peta, beberapa batasan pengertian dapat disampaikan penjelasan seperti berikut:

1. Muka Peta

Berbagai obyek dan fenomena geografi yang ada di permukaan bumi akan digambar pada bagian utama peta (muka peta) sedang keterangan mengenai hal yang berkaitan dengan obyek serta kelengkapan peta disajikan pada bagian tepi peta (Utami, 2019).



Gambar II. 4 Komponen Peta
Sumber Gambar: (Utami, 2019)

Didalam muka peta terdapat beberapa unsur pendukung lain yaitu:

- a. Garis batas luar disebut juga kerangka peta (*frame/out border*), yaitu suatu garis yang berbentuk segi empat atau bujur sangkar

yang didalamnya akan digambarkan peta serta kelengkapan unsur peta yang diperlukan. Pada bagian Batas informasi dicantumkan keterangan mengenai Provinsi, Kabupaten dan Nomor lembar peta.

- b. Muka peta adalah suatu permukaan media atau bahan (kertas gambar, kalkir, film dan sebagainya), dimana area yang akan dipetakan digambarkan di atasnya.
- c. Muka peta terdiri atas beberapa unsur, yaitu: a. garis tepi peta (*map neat line*); b. gratikul dan grid (rangka jala); c. unsur geografi dan buatan manusia.

2. Informasi Tepi Peta

Informasi tepi adalah suatu keterangan yang dicantumkan di daerah tepi peta/di luar muka peta. Informasi di muka peta dan informasi tepi peta merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan, sebab informasi tepi peta tersebut merupakan bagian peta yang memberikan penjelasan mengenai informasi yang disajikan pada muka peta(Utami, 2019).

Letak dari semua informasi penting dari area yang dipetakan, dapat diletakkan di samping atau di bawah area yang dipetakan. Untuk itu, informasi tepi peta perlu diletakkan secara seimbang di setiap bagian tepi peta. Menurut Riadika M, 1975 secara umum informasi tepi peta ini dapat dikelompokkan dalam 2 golongan, yaitu: a. informasi di daerah tepi peta, dan b. informasi di daerah batas peta (Utami, 2019).

a. Informasi di daerah tepi peta

Informasi tepi yang penting hampir sama untuk semua jenis peta antara lain meliputi :

1. Judul peta untuk menunjukkan tema yang digambarkan oleh peta tersebut. Misalnya : Peta Suhu Permukaan Tanah, Peta Kerapatan Vegetasi, dan Peta Kerapatan Lahan Terbangun.
2. Orientasi peta adalah untuk menunjukkan arah yang dipergunakan pada peta itu. Pada umumnya orientasi arah

utara menunjukkan arah utara dengan gambar tanda panah dengan ujungnya di bagian atas dan diberi huruf U.

3. Skala peta adalah perbandingan jarak antara kedua titik sembarang di peta dengan jarak horizontal kedua titik itu dipermukaan bumi. Skala numeris merupakan keterangan tentang skala peta yang disajikan dalam bentuk huruf dan angka, sehingga mudah dibaca. Contoh: skala 1 : 10.000
4. Skala grafis, merupakan keterangan tentang skala peta yang disajikan dalam bentuk gambar garis lurus yang mempunyai panjang tertentu, sehingga panjang garis dalam centimeter dan angka yang tercantum di atas garis tersebut dalam satuan kilometer mempunyai perbandingan yang menyatakan skala peta tersebut.
5. Lokasi, untuk menunjukkan daerah/ area mana yang digambarkan peta itu. Misalnya : Kota Metro
6. Petunjuk Lembar Peta (Indeks peta), petunjuk ini digambarkan dalam bentuk diagram yang menyatakan hubungan lebar tersebut dengan lembar yang berdampingan. Petunjuk lembar peta menunjukkan sistem pemberian nomor pada tiap lembaran peta sehingga dengan demikian dapat diketahui lokasi daripada peta yang diamati terhadap daerah sekitarnya. Apabila diperlukan daerah sekitarnya maka dengan mudah akan di peroleh sesuai dengan nomor lembar petanya.
7. Legenda, merupakan penjelasan mengenai arti dari simbol-simbol yang digunakan dalam peta. Simbol dapat diartikan suatu gambar atau tanda yang mempunyai makna atau arti. Sehingga simbol pada peta adalah suatu gambar pengganti dari suatu obyek yang ada di permukaan bumi baik yang bersifat fisik dan non fisik maupun obyek yang bersifat imajiner (khayali).

8. Instansi Pembuat, merupakan keterangan mengenai instansi yang membuat peta tersebut, yaitu instansi yang bertanggung jawab atas isi peta.

b. Informasi di Daerah Batas

Daerah batas peta yaitu bagian peta yang berada diantara garis tepi peta dengan garis batas luar peta disebut juga sebagai bagian batas informasi. Pada batas informasi yang berada di luar bidang gambar/muka peta dan kotak keterangan dapat dituliskan beberapa informasi yang berkaitan dengan isi peta sebagai berikut:

1. Disebelah kiri atas bidang gambar ditulis nama provinsi.
Contoh: D.I Yogyakarta
2. Disebelah tengah atas bidang gambar ditulis nama kabupaten. Contoh: Sleman
3. Di sebelah kanan atas kotak keterangan ditulis nomor lembar peta
4. Di sebelah bidang gambar ditulis nomor grid yang berupa nilai absis (X)
5. Di sebelah kiri bidang gambar ditulis nomor grid yang berupa nilai ordinat (Y)

c. Tata Letak Peta

Pada pembuatan tata letak peta, terdapat tiga alternatif desain grafis untuk memberikan keseimbangan pada tampilan petanya yaitu:

1. Keseimbangan simetris. Pada cara ini posisi informasi tepi peta simetris atau terletak di bawah muka peta, sedang judul peta terletak diatas muka peta, keterangan atau legenda diletakkan sepanjang daerah informasi tepi.
2. Keseimbangan informal. Pada cara ini, posisi informasi tepi peta dan judul peta sama dengan cara keseimbangan simetris; perbedaan terdapat pada penempatan keterangan atau legenda yang posisinya lebih ke satu tempat, yaitu disebelah kiri dari daerah informasi tepi.
3. Keseimbangan berdasarkan bentuk grid. Pada cara ini, tata letak mengacu pada bentuk grid, posisi informasi tepi berada di sebelah kanan dan bawah dari muka peta.