

## **BAB II**

# **LANDASAN TEORI**

### **I.1 Penginderaan Jauh**

Teknologi penginderaan jauh merupakan teknologi yang mengumpulkan informasi tentang objek dan lingkungan di permukaan bumi dari jarak jauh tanpa kontak fisik (Ningsih dan Setyadi, 2003). Penginderaan jauh memiliki tujuan yaitu untuk mengekstrak data dan informasi dari citra fotografis dan non fotografis dari berbagai objek di permukaan bumi, dan citra tersebut direkam atau dideskripsikan dengan alat penginderaan buatan yaitu sensor. Landasan dasar interpretasi penginderaan jauh adalah pengetahuan dasar yang harus dikuasai sebelum mempelajari dan menginterpretasikan foto dan non foto di bidang apapun (Darmawan, 2018). Komponen-komponen dalam penginderaan jauh yaitu menyusun sistem energi elektromagnetik, atmosfer, objek permukaan dan sensor (Curran, 1985).

Kemajuan teknologi penginderaan jauh yaitu sistem satelit dapat menyajikan citra penginderaan jauh dengan resolusi spasial yang cukup tinggi dalam ukuran piksel yaitu resolusi spektral (panjang gelombang) dan resolusi waktu. Hal ini sangat membantu penerapan aplikasi citra penginderaan jauh dalam hal pengukuran, pemetaan, pemantauan dan pemodelan lebih efektif daripada pemetaan konvensional (Hartono, 2010). Peran resolusi dalam sebuah citra sangat menentukan tingkat detail suatu objek, karakteristik spektralnya, dan periode kembali pemantauan dan tampilan data. Resolusi dalam penginderaan jauh terdiri dari resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi waktu dan resolusi radiasi (Hartono, 2010).

### **II.2 Deforestasi**

Deforestasi merupakan terjadinya kerusakan lapisan atas hutan yang dapat mengubah penutup lahan secara permanen (Nursanti, 2008). Deforestasi telah menyebabkan peningkatan emisi GRK di atmosfer bumi, perusakan habitat hutan dan kerusakan kehidupan manusia (William dan Ida, 1997). FAO mencatat bahwa perkiraan deforestasi tahunan telah meningkat sebesar 300.000 hektare per tahun pada tahun 1970-an, 600.000 hektare per tahun pada tahun 1981, dan 1 juta hektare

per tahun pada tahun 1990 (FAO, 2015). Dalam 10 tahun ke depan, laju deforestasi tahunan akan meningkat sebesar 1,5 juta hektare (FWI, 2011), dibandingkan dengan tahun 2009-2013 (FWI, 2019)

Dalam skenario mitigasi perubahan iklim, sangat penting untuk menghentikan deforestasi, terutama hutan tropis. Tanpa langkah-langkah efektif untuk mencegah deforestasi, kemungkinan solusi iklim yang berhasil mencegah deforestasi berkurang secara signifikan dari 90% menjadi 35% (Ayukawa dkk, 2007). Faktor pendorong deforestasi global periode 2001 sampai dengan 2015, 27% didorong oleh produksi komoditas hutan, 26% didorong oleh sektor kehutanan, 24% disebabkan oleh perladangan berpindah dan 23% disebabkan oleh kebakaran (Curtis dkk, 2018).

Deforestasi di Indonesia terutama disebabkan oleh ekspansi produksi pertanian, termasuk komoditas kelapa sawit dan aktivitas penebangan juga merupakan faktor penting pendorong deforestasi (Curtis dkk, 2018). Berdasarkan tipe konsesi sebagai lokasi terjadinya deforestasi, kontribusi terbesar deforestasi berasal dari tumpang tindih antara izin penggunaan lahan dan penggunaan lahan yang mencapai 780.000 hektar. Industri pertambangan menempati urutan kedua dan merupakan penyumbang deforestasi terbesar, seluas 700.000 hektar.

### **II.3 Cadangan Karbon**

Cadangan karbon atau *carbon stock* merupakan karbon yang terkandung atau tersimpan di permukaan tanah sebagai biomassa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati, ataupun di dalam tanah sebagai bahan organik tanah (Prasetyo, 2017). Dasar dalam menghitung emisi yaitu perubahan wujud karbon. Sebagian besar unsur karbon (C) yang telah terpecah atau terurai ke udara akan terikat dengan O<sub>2</sub> (oksigen) dan menjadi CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) (Sriwiyati, 2018). Ketika lahan kosong ditanami vegetasi, maka proses pengikatan unsur karbon (C) akan terjadi dari udara kembali dan menjadi biomassa tanaman secara bertahap ketika tanaman tersebut tumbuh (Hasibuan, 2018). Efek GRK karena pengaruh unsur CO<sub>2</sub> dapat dikurangkan, hal tersebut dikarenakan kandungan CO<sub>2</sub> di udara otomatis akan menjadi menurun. Namun sebaliknya, efek GRK akan meningkat jika tanaman tersebut mati (Kauffman and Donato, 2012).

Biomassa terdapat di bagian atas dan bawah tanah pada tanaman (Sandberg, 2007). Kandungan karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama ataupun sebentar (Kusumah, 2016). Dalam inventaris karbon hutan, simpanan karbon yang diperhitungkan terdapat 4 kantong karbon. Simpanan dalam keempat kantong karbon tersebut yaitu biomassa di atas permukaan, biomassa di bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah (Pearson dan Revindranath, 2007). Berikut merupakan Biomassa 4 kantong karbon yaitu :

1. Biomassa di atas permukaan meliputi kandungan karbon yang tersimpan pada semua material hidup yang berada di atas permukaan tanah termasuk batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi.
2. Biomassa di bawah permukaan adalah kandungan karbon yang tersimpan dari akar tumbuhan yang hidup yang meliputi akar dan tanah.
3. Bahan organik mati yaitu kandungan karbon yang tersimpan pada kayu mati dan serasah.
4. Karbon organik tanah yang mencakup kandungan karbon dalam tanah yaitu mineral dan tanah organik termasuk pada lahan gambut.

#### **II.4 Emisi Karbon Dioksida**

Dampak dari perubahan iklim dan dampaknya dirasakan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi emisi gas rumah kaca di atmosfer yang terus meningkat (Ridha dkk., 2016). Salah satu penyebab perubahan iklim adalah peningkatan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ) dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yang disebut juga sebagai GRK (Subkhan, 2017). Konsentrasi gas rumah kaca telah meningkat dan berbahaya bagi iklim di permukaan bumi dan keseimbangan ekosistem pada tahun 2016 (Ridha dkk., 2016). Dibandingkan dengan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$ , gas  $\text{CO}_2$  memiliki risiko perubahan iklim terbesar. Emisi  $\text{CO}_2$  terus terakumulasi di atmosfer akibat pembakaran bahan bakar fosil (seperti batu bara, gas alam, dan minyak) atau pembukaan lahan dan kebakaran hutan (Samiaji, 2011). Emisi karbon berasal dari aktivitas perubahan penggunaan lahan dan kegiatan pertanian (Purnamasari, Sudarno dan Hadiyanto, 2020). Ketika satu hektare hutan menghilang, maka kandungan karbon atau cadangan karbon pada pohon tersebut cepat atau lambat akan terpecah atau terurai dan unsur karbon tersebut akan terikat ke udara sehingga menjadi emisi (Gustiawan, 2019).

Karbon dalam ekosistem hutan dapat ditemukan dalam bentuk pohon hidup maupun mati, tumbuhan di bawah tanah yang hidup maupun mati, serasah hutan, dan tanah (Setiawan, Syaufina dan Puspaningsih, 2015). Saat karbon lepas ke udara, karbon (C) akan berikatan dengan oksigen (O) yang kemudian menjadi zat asam arang (CO). Hal yang paling mendasar yang perlu disiapkan dalam menyusun strategi untuk mengurangi peningkatan emisi GRK di permukaan bumi yaitu dengan mengetahui besarnya jumlah cadangan karbon (*carbon stock*) pada semua lahan vegetasi. Kemudian melakukan perhitungan perubahan stok karbon akibat aktivitas manusia (Hadad, 2010). Perbedaan *carbon stock* tersebut menunjukkan terjadinya penurunan dan peningkatan (emisi atau sink).

### **II.5 Produk Data *Global Forest Change* (GFC)**

*Global Forest Change* (GFC) merupakan produk data global yang menyediakan data hutan dan non-hutan global pada tahun 2000 hingga 2019 oleh (Hansen dkk.,2013). Produk data ini menyediakan data *forest loss* yang tersedia pada periode tahun 2001-2019, *forest cover* periode tahun 2000 dan *forest gain* tersedia tahun 2000-2012. Produk data ini menghitung hilangnya hutan tahunan global antara tahun 2000 dan 2019 berdasarkan evaluasi lebih dari 650.000 citra satelit Landsat dengan resolusi spasial 30 meter. Pra-pemrosesan citra Landsat pada produk data ini meliputi: (i) pengambilan sampel ulang citra, (ii) konversi nilai *digital number* (DN) menjadi reflektansi atmosfer (TOA), (iii) *filtering* awan dan penilaian kualitas (QA), dan (iv) normalisasi gambar. Semua langkah pra-pemrosesan diuji pada skala nasional di seluruh dunia. Peta *benchmark* tutupan hutan (*forest cover*) yang dibuat untuk tahun 2000 menjadi dasar analisis (Watch dkk., 2017). Penelitian ini menggunakan *Google Earth Engine*, yaitu *platform* berbasis *cloud* untuk analisis data observasi bumi yang menggabungkan katalog data publik dengan fasilitas komputasi skala besar yang dioptimalkan untuk pemrosesan paralel data geospasial. dan hilangnya hutan (penggantian tegakan atau penghapusan total tutupan pohon) diterapkan secara global (Galiatsatos dkk., 2020).

## II.6 Produk Data *MODIS Land Cover*

Produk MODIS Land Cover merupakan produk data tutupan lahan yang membuat peta global tutupan lahan setiap tahun dengan resolusi spasial 500m oleh penelitian (Friedl dkk., 2019). Produk data ini tersedia pada tahun 2001-2019 dan diproduksi dengan menggunakan klasifikasi terbimbing algoritma yang diperkirakan menggunakan database pelatihan tutupan lahan berkualitas tinggi (Friedl, 2013). Basis data tempat pelatihan dikembangkan menggunakan citra resolusi tinggi dan hubungannya dengan data tambahan (Muchoney dkk,1999). Produk ini berisikan 13 kumpulan data sains, termasuk 5 skema klasifikasi (IGBP,UMD,LAI,BGC, dan PFT) dan tiga data berdasarkan *Land Cover Classification System (LCCS)* dari *Food and Agriculture Organization (FAO)* (Friedl dkk.,2019). MCD12Q1 telah melakukan tahap validasi berdasarkan validasi silang dari dataset pelatihan yang digunakan untuk membuat peta. Produk MCD12Q1 dibuat menggunakan klasifikasi terbimbing dari data reflektansi MODIS (Friedl dkk, 2010). Dalam skema IGBP menggunakan algoritma *decision tree*. Besarnya ketidakpastian dalam label tutupan lahan untuk setiap satu tahun masih terlalu tinggi untuk membedakan perubahan tampak nyata dari perubahan antar kelas yang secara spektral tidak dapat dibedakan pada resolusi MODIS 500 m yang kasar (Friedl dkk., 2019). Berikut ini merupakan *table dataset* MODIS *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)* yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel II. 1 MCD12Q1 *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)* legenda dan kelas deskripsi.

<b>Nama</b>	<b>Value</b>	<b>Deskripsi</b>
<i>Evergreen Needleleaf Forests</i>	1	Didominasi oleh pohon cemara konifer (kanopi> 2m). Tutupan pohon> 60%.
<i>Evergreen Broadleaf Forests</i>	2	Didominasi oleh pohon berdaun lebar dan palmate yang selalu hijau pohon (kanopi> 2m). Tutupan pohon> 60%.

<b>Nama</b>	<b>Value</b>	<b>Deskripsi</b>
<i>Deciduous Needleleaf Forests</i>	3	Didominasi oleh pohon-pohon pinus berdaun runcing (kanopi > 2m). Tutupan pohon > 60%.
<i>Deciduous Broadleaf Forests</i>	4	Didominasi oleh pohon berdaun lebar daun (tajuk > 2m). Tutupan pohon > 60%.
<i>Mixed Forests</i>	5	Didominasi oleh jenis pohon tidak gugur atau hijau (40-60% masing-masing) (kanopi > 2m). Tutupan pohon > 60%.
<i>Closed Shrublands</i>	6	Didominasi tanaman keras berkayu (tinggi 1-2m) > 60% tutupan.
<i>Open Shrublands</i>	7	Didominasi tanaman keras berkayu (tinggi 1-2m) 10-60% tutupan.
<i>Woody Savannas</i>	8	Tutupan pohon 30-60% (kanopi > 2m).
<i>Savannas</i>	9	Tutupan pohon 10-30% (kanopi > 2m).
<i>Grasslands</i>	10	Didominasi oleh tanaman tahunan herba (< 2m).
<i>Permanent Wetlands</i>	11	Lahyang tergenang secara permanen dengan 30-60% tutupan air dan > 10% tutupan vegetasi.
<i>Croplands</i>	12	Setidaknya 60% areal merupakan lahan pertanian yang dibudidayakan.
<i>Urban and Built-up Lands</i>	13	Setidaknya 30% luas permukaan kecap termasuk bahan bangunan, aspal, dan kendaraan.

<b>Nama</b>	<b>Value</b>	<b>Deskripsi</b>
<i>Cropland/Natural Vegetation Mosaics</i>	14	Mosaik budidaya skala kecil 40-60% dengan vegetasi pohon, semak, atau herba alami.
<i>Permanent Snow and Ice</i>	15	Setidaknya 60% wilayah tertutup salju dan es setidaknya selama 10 bulan dalam setahun.
<i>Barren</i>	16	Sedikitnya 60% areal merupakan daerah tandus tanpa vegetasi (pasir, batu, tanah) dengan vegetasi kurang dari 10%.
<i>Water Bodies</i>	17	Setidaknya 60% wilayah ditutupi oleh badan air permanen.

## **II.7 Produk Data *Global Carbon Stock Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)***

*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* atau panel antar pemerintah tentang perubahan iklim, menerbitkan laporan khusus tentang penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan, dan kehutanan tahun 2000 tentang data *carbon stock* secara global (Mchenry, Kulshreshtha dan Lac, 2015). *Global carbon stock IPCC* ini dapat memberikan gambaran umum tentang besarnya cadangan karbon dalam sistem terestrial. Istilah cadangan karbon terestrial adalah jumlah cadangan karbon, atau sumber karbon, dari semua ekosistem darat (Willetts dan Management, 2009). Penghitungan dasar *carbon stock* menggunakan berat kering biomassa dikalikan dengan persen bahan karbon. Untuk perhitungan *carbon stock* di dalam tanah, IPCC menggunakan kedalaman 30 cm sebagai kedalaman standar tanah dan tidak termasuk karbon dalam bahan organik mati atau perubahan mineral karbonat (alias karbon anorganik) (IPCC, 2003). Berikut ini merupakan *Global Carbon Stock IPCC (IPCC,2000)* :

Tabel II. 2 Global *Carbon Stock* IPCC

<i>Biome</i>	<i>Area</i> (10 <sup>9</sup> ha)	<i>Carbon Stock</i> (Gigaton C)
<i>Tropical Forest</i>	1,76	428
<i>Temperate Forest</i>	1,04	159
<i>Boreal Forest</i>	1,37	559
<i>Tropical Savannas</i>	2,25	330
<i>Temperate grasslands</i>	1,25	304
<i>Desert and semideserts</i>	4,55	199
<i>Wetlands</i>	0,35	240
<i>Croplands</i>	1,6	131
Total	14.17	2350

Sumber : (IPCC,2000)

### **II.8 Produk Data *Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps (Global AGB and BGB)***

Produk data *Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps* ini menyediakan peta global yang selaras dan konsisten secara temporer dari kepadatan karbon biomassa di atas dan di bawah permukaan tanah untuk tahun 2010 pada resolusi spasial 300 m (Spawn dkk., 2020). Produk ini mengembangkan pendekatan untuk menyelaraskan peta spesifik vegetasi dari biomassa di atas dan di bawah permukaan tanah menjadi satu representasi yang komprehensif dari masing-masing peta. Peta biomassa di atas permukaan tanah mengintegrasikan peta spesifik tutupan lahan, peta biomassa kayu, padang rumput, lahan pertanian, dan tundra dengan penginderaan jauh (Ruesch dan Gibbs, 2008). Peta masukan dikumpulkan dari literatur yang diterbitkan dan diperbarui untuk mencakup jangkauan fokus atau periode waktu. Peta biomassa di bawah permukaan tanah juga mengintegrasikan peta yang cocok yang berasal dari setiap peta biomassa di atas permukaan tanah dan model empiris khusus tutupan lahan (Spawn dkk., 2020) . Peta di atas dan di bawah permukaan tanah kemudian diintegrasikan secara terpisah

menggunakan peta tambahan persentase tutupan pohon dan tutupan lahan serta pohon keputusan berbasis aturan. Peta yang melaporkan akumulasi ketidakpastian dari perkiraan tingkat piksel juga disediakan (Spawn dkk., 2020).

### **II.9 Produk Data *World Conservation Monitoring Centre Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density (WCMC ABG and BGB)***

Produk *Data WCMC Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density* ini merupakan data produk yang mewakili penyimpanan karbon terestrial di atas dan di bawah permukaan tanah (ton C per hektar ) untuk tahun 2010 yang memiliki resolusi spasial 300m (Soto-Navarro dkk., 2020). Produk data ini dibuat dengan metode penggabungan set data yang tersedia dan melapisinya dengan peta tutupan lahan ESA CCI untuk tahun 2010 dan menetapkan nilai biomassa di atas permukaan tanah yang sesuai untuk setiap grid dari peta biomassa yang paling sesuai untuk jenis tutupan lahan (Zeng dkk., 2020). Produk data *carbon stock* masukan diidentifikasi melalui kumpulan data dari literatur sebelumnya mengenai karbon biomassa di ekosistem darat (Soto-Navarro dkk.,2020). Menentukan kumpulan data yang akan digabungkan untuk menghasilkan peta kerapatan karbon global, kumpulan data yang teridentifikasi dievaluasi terlebih dahulu berdasarkan resolusi, akurasi, definisi biomassa, dan tanggal referensi.

Setelah menggabungkan setiap dataset yang dipilih ke skala nominal resolusi 300 m, kategori hutan dalam dataset tutupan lahan CCI ESA 2010 digunakan untuk mengekstraksi biomassa di atas permukaan tanah untuk kawasan hutan (Soto-Navarro dkk, 2020). Biomassa di bawah tanah (*belowground*) ditambahkan menggunakan metode rasio akar-ke-pucuk dari pedoman IPCC tahun 2006 untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (IPCC, 2006). Biomassa di atas dan di bawah tanah kemudian dijumlahkan dan dikalikan dengan 0,5 untuk diubah menjadi cadangan karbon , menghasilkan satu lapisan karbon biomassa di atas dan di bawah tanah (Soto-Navarro dkk, 2020).

### **II.10 Produk Data *WHRC Pantropical National Level Carbon Stock Dataset (WHRC ABG)***

Produk data *WHRC Pantropical National Level Carbon Stock Dataset* ini menyediakan peta tingkat nasional dari kepadatan biomassa di atas permukaan

tanah untuk negara-negara tropis dengan resolusi spasial 500m (Baccini dkk., 2012). Produk data ini tersedia pada periode tahun 2012 dan dikumpulkan dari metode kombinasi pengukuran lapangan, pengamatan LiDAR, dan dari citra *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Metode pengamatan LiDAR diperoleh dengan nilai nominal resolusi spasial 70 m bersama-sama dengan 500 m multispectral citra reflektansi permukaan dan lapisan data geospasial lainnya (Chave dkk., 2005). Menggunakan kalibrasi multi-skala dan strategi pemetaan, produk data ini membuat peta *layer* pertama dari biomassa di atas permukaan tanah pada resolusi 500 m untuk daerah tropis. Pengukuran lapangan dikumpulkan dari hutan tropis Afrika, Amerika dan Asia dari periode tahun 2008 hingga 2010 di titik sampel yang berlokasi bersama dengan LiDAR '*Footprints*' menggunakan protokol pengambilan sampel yang dirancang khusus untuk integrasi optimal data lapangan dan satelit dari semua pohon hidup yang memiliki DBH  $\geq 5$  cm. Bentuk gelombang LiDAR pengukuran diperoleh dengan *Geoscience Laser Altimeter System (GLAS)* (Baccini dkk., 2012).

### II.11 Teknik Penentuan Jumlah Sampel

Penelitian dari (Sugiyono,2018) menyatakan bahwa sampel adalah bagian dari ukuran dan karakteristik populasi (Imron,2019). Perhitungan sampel dengan pendekatan rumus Lemeshow dapat digunakan untuk menghitung jumlah sampel dengan total populasi yang tidak diketahui secara pasti atau sangat besar (Riyanto, 2020). Karena populasinya sangat besar dan dalam jumlah populasi dari penelitian ini belum diketahui, sehingga digunakan rumus Lemeshow untuk menentukan jumlah sampel. Berikut ini merupakan rumus Lemeshow (Riyanto, 2020) :

$$N = \frac{Za^2 \times P \times Q}{L^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- N = Jumlah sampel minimal yang diperlukan
- Za = Nilai standar dari distribusi nilai a = 5% = 1,96
- P = Maksimal estimasi proporsi populasi 50%

Q = 1 – P (Interval)

L = Tingkat ketelitian (*sampling error*) 10%

### II.12 Analisis Korelasi *Pearson*

Analisis korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua variabel. Variabel lain yang dianggap berpengaruh atau variabel kontrol (Vusvitasari, Nugroho dan Akbar, 2016). Karena variabel yang diteliti adalah data interval, maka teknik statistik yang digunakan adalah korelasi pearson product moment. Metode analisis korelasi *Product Moment Pearson* menggunakan rumus berikut untuk menentukan koefisien korelasi (Prastyono dkk., 2018):

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

R : Koefisien korelasi

n : Jumlah sampel

$\sum X$  : Jumlah variabel X

$\sum Y$  : Jumlah variabel Y

Dalam menginterpretasi hasil nilai koefisien korelasi untuk mengetahui terhadap kuatnya hubungan antar variabel, maka dapat digunakan pedoman seperti yang disajikan pada Tabel II.3 dibawah ini :

Tabel II. 3 Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 – 1,000	Sangat Kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,40 – 0,599	Sedang
0,20 – 0,399	Rendah
0,00 – 0,199	Sangat Rendah

Sumber : Sugiyono (2010)

### II.13 Standar Deviasi

Simpangan baku atau standar deviasi adalah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan sebaran data dalam suatu sampel dan menentukan seberapa dekat setiap titik data sampel dengan rata-rata atau *mean* sampel (Hidayat et al., 2019). Standar deviasi yang memiliki kumpulan data sama dengan nol yang berarti bahwa semua nilai dalam kumpulan data adalah sama, dan nilai deviasi yang lebih besar menunjukkan bahwa setiap titik data jauh dari rata-rata (Mikhail, 1981). Dasar penghitungan varians dan standar deviasi adalah untuk menentukan tujuan dari perubahan kumpulan data (Sutisna, 2020). Dalam standar deviasi, dibandingkan dengan rata-rata (*mean*), semakin besar standar deviasi maka semakin besar perubahan datanya (Rusydi dan Fadhli, 2018). Berikut rumus standar deviasi yang disajikan pada persamaan (2) (Sutisna, 2020):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

*SD* : Standar Deviasi

$\bar{X}$  : rata- rata

*Xi* : nilai data

*n* : banyak data