

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Suhu Udara

a. Pengertian Suhu Udara

Suhu merupakan karakteristik *inherent* yang dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Suhu udara adalah ukuran energi kinetik rata – rata dari pergerakan molekul – molekul. Suhu merupakan keadaan yang menentukan kemampuan benda untuk memindahkan panas benda ke benda lain. Jika panas dialirkan pada suhu benda, maka suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut (Lakitan, 1994: 89).

Suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata selama setiap periode 24 jam. Fluktuasi suhu udara (dan suhu tanah) berkaitan dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Pada siang hari, sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel-partikel padat yang melayang di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas cahaya jatuh tegak lurus, yakni pada waktu tengah hari (Lakitan, 1994: 90). Di atas lautan perubahan suhu berlangsung lebih banyak kurang dari 1°C, dan dalam keadaan tenang variasi suhu udara dekat laut hampir sama. Sebaliknya diatas daerah pedalaman continental dan padang pasir perubahan suhu udara permukaan antara siang dan malam mencapai 20°C. Sedangkan pada daerah pantai variasinya tergantung dari arah angin yang bertiup. Variasinya besar bila angin bertiup dari atas daratan dan sebaliknya.

b. Pengukuran Suhu Pada Stasiun Klimatologi

Suhu udara yang dilaporkan oleh stasiun klimatologi adalah suhu udara yang diukur dengan menggunakan thermometer air raksa yang diletakkan di dalam sangkar meteorologi yang berwarna putih pada ketinggian 1,2 – 1,5 meter dari permukaan tanah yang ditanami dengan rumput.

Pengukuran suhu udara secara kontinu dapat dilakukan dengan menggunakan thermometer pita metal ganda yang dilengkapi dengan kertas grafik yang khusus dirancang untuk itu.

Suhu udara harian rata-rata adalah dihitung berdasarkan rata-rata suhu pada beberapa kali pengamatan dalam setiap periode 24 jam (sehari semalam). Frekuensi pengamatan dapat dilakukan sebanyak 8 kali, yakni setiap 3 jam sekali dan dimulai pada tengah malam. Suhu udara maksimum dan minimum diukur dengan menggunakan termometer maksimum dan thermometer minimum (Lakitan 1994: 102).

c. Variasi Suhu di Indonesia

Suhu di permukaan bumi makin rendah dengan bertambahnya lintang seperti halnya penurunan suhu menurut ketinggian. Pada penyebaran suhu secara vertikal, permukaan bumi merupakan sumber pemanasan sehingga makin tinggi tempat makin rendah suhunya (sampai troposfer). Sedangkan pada penyebaran suhu menurut letak lintang, sumber energi utama berasal dari daerah tropika (antara 30° LU - 30° LS) yang merupakan penerima energi radiasi surya terbanyak (Handoko, 1995: 49).

Fluktuasi suhu musiman untuk masing-masing lokasi di Indonesia sangat kecil karena terletak di daerah tropis. Variasi suhu di Indonesia lebih dipengaruhi oleh ketinggian tempat (altitude). Suhu maksimum di Indonesia menurun sebesar 0,6°C untuk setiap kenaikan elevasi setinggi 100 meter. Sedangkan suhu minimum menurun 0,5°C setiap kenaikan elevasi 100 meter.

Suhu maksimum tertinggi umumnya tercapai pada sekitar bulan Oktober (pada akhir musim kemarau), sedangkan suhu minimum terendah tercapai sekitar

bulan Juli dan Agustus. Suhu maksimum rata-rata di Indonesia umumnya tidak melebihi 32°C. karena sebagian besar wilayah Indonesia merupakan perairan. Permukaan air yang luas akan berperan penting dalam memperkecil fluktuasi suhu, karena sebagian besar energi radiasi matahari terpakai untuk penguapan air (evaporasi), berbeda dengan pada lokasi yang terletak di tengah benua yang luas, misalnya bagian interior Benua Australia, Gurun Gobi yang terletak di tengah daratan Cina, Gurun Sahara di bagian tengah Afrika Utara, atau Gurun di Negara bagian Arizona di Amerika Utara (Lakitan, 1994: 104).

2. Curah Hujan

a. Pengertian Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.



Gambar 3. Alat Pengukur Curah Hujan

(sumber : <http://spatialygeo.wordpress.com/2012/01/18/>)

Curah hujan diukur dengan menggunakan alat ukur curah hujan yang berbentuk silinder dengan bagian atas terbuka untuk menerima butiran air hujan yang jatuh. Alat tersebut dipasang di tempat terbuka sehingga air hujan akan

diterima langsung oleh alat itu. Bagian atas yang terbuka dipasang pada ketinggian 20 cm di atas permukaan tanah yang ditanami rumput untuk menghindari masuknya air percikan dari permukaan tanah. Satuan yang digunakan adalah millimeter (mm) dan ketelitian pembacaan sampai pada 0,1 mm.

Hujan merupakan unsur fisik lingkungan yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat. Hujan merupakan unsur iklim yang paling penting di Indonesia karena keragamannya sangat tinggi baik menurut waktu maupun menurut tempat. Oleh karena itu kajian tentang iklim lebih banyak diarahkan pada hujan. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara umumnya) seluruhnya dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama. Hal ini dilakukan karena keragaman (variasi) curah hujan untuk wilayah ini sangat nyata sedangkan unsur-unsur iklim yang lainnya tidak berfluktuasi secara nyata sepanjang tahun (Lakitan, 1994: 40).

b. Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan

Sebagai salah satu kawasan tropis yang unik dinamika atmosfernya dimana banyak dipengaruhi oleh kehadiran angin pasat, angin monsun, iklim maritim dan pengaruh berbagai kondisi lokal, maka cuaca dan iklim di Indonesia diduga memiliki karakteristik khusus yang hingga kini mekanisme proses pembentukannya belum diketahui banyak orang. Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya pengaruh beberapa fenomena, antara lain sistem Monsun Asia-Australia, El-Nino, sirkulasi Timur-Barat (Walker Circulation) dan sirkulasi Utara-Selatan (Hadley Circulation) serta beberapa sirkulasi karena pengaruh local..

Indonesia dikenal sebagai satu kawasan benua maritim karena sebagian besar wilayahnya didominasi oleh lautan dan diapit oleh dua Samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Oleh karena itu elemen (unsur) iklimnya terutama curah hujan memungkinkan dipengaruhi oleh keadaan suhu permukaan laut (SPL) di sekitarnya. Salah satu fenomena yang dicirikan oleh adanya suatu perubahan SPL yang kemudian mempengaruhi curah hujan di Indonesia adalah

fenomena yang terjadi di Samudera Hindia yang dikenal dengan istilah Dipole Mode (DM) yang tidak lain merupakan fenomena *couple* antara atmosfer dan laut yang ditandai dengan perbedaan anomali dua kutub Suhu Permukaan Laut (SPL) di Samudera Hindia tropis bagian timur (perairan Indonesia di sekitar Sumatera dan Jawa) dan Samudera Hindia tropis bagian tengah sampai barat (perairan pantai timur Benua Afrika).

Pada saat anomali SPL di Samudera Hindia tropis bagian barat lebih besar daripada di bagian timurnya, maka terjadi peningkatan curah hujan dari normalnya di pantai timur Afrika dan Samudera Hindia bagian barat. Sedangkan di Indonesia mengalami penurunan curah hujan dari normalnya yang menyebabkan kekeringan, kejadian ini biasa dikenal dengan istilah Dipole Mode Positif (DM +). Fenomena yang berlawanan dengan kondisi ini dikenal sebagai DM (-).

c. Pengolahan Data Curah Hujan

Data presipitasi seringkali ditemukan dalam keadaan terputus atau tidak bersambung karena alat pencatat hujan tidak berfungsi untuk periode waktu tertentu atau karena ditutup untuk sementara waktu. Tidak tercatatnya data curah hujan pada saat-saat tertentu dapat dilengkapi dengan memanfaatkan data curah hujan di tempat lain yang berdekatan dan masih satu sistem jaringan pengukuran curah hujan). Ada dua cara untuk memperkirakan data yang hilang yaitu sama-sama menggunakan bantuan data curah hujan dari tiga alat penakar hujan yang terletak di sekitar data yang hilang tersebut. Lokasi ketiga alat penakar curah hujan yang akan digunakan sebagai masukan data harus tidak terlalu berjauhan dan tersebar merata di antara lokasi alat penakar hujan yang akan diperkirakan besarnya. Kedua cara tersebut menggunakan masukan data curah hujan rata-rata tahunan dari ketiga stasiun penakar hujan.

Apabila besarnya perbedaan antara curah hujan rata-rata tahunan dari masing-masing ketiga stasiun penakar hujan tersebut dan curah hujan rata-rata tahunan dari alat penakar hujan yang akan diperkirakan kurang dari 10%, maka

commit to user

metoda prakiraan yang dapat dimanfaatkan adalah sebagai berikut (Wanielista, 1990; Dunne dan Leopold, 1978 dalam Asdak, 2004: 70).

$$P_X = (P_A + P_B + P_C)/3$$

Keterangan :

P_X = Volume curah hujan harian/bulanan yang diperkirakan besarnya (mm)

$P_A=P_B=P_C$ = Volume curah hujan harian/bulanan yang digunakan sebagai masukan (mm)

Sebaliknya, apabila besarnya perbedaan antara curah hujan rata-rata tahunan dari masing-masing ketiga stasiun penakar hujan dan curah hujan rata-rata tahunan dari alat penakar hujan yang akan diperkirakan lebih dari 10%, maka dapat diselesaikan melalui metode perbandingan normal (*normal ratio method*). Persamaan di bawah ini akan membantu menyelesaikannya.

$$P_X = 1/3 [(N_X/N_A) P_A + (N_X/N_C) P_C]$$

Keterangan :

P_X = Volume curah hujan harian/bulanan yang diperkirakan besarnya (mm)

P_A, P_B, P_C = Data curah hujan rata-rata bulanan yang diperoleh dari tiga stasiun pencatat hujan di sekitar lokasi stasiun pencatat yang dikaji.

N_X, N_A, N_B, N_C = Curah hujan normal jangka panjang di empat stasiun pencatat curah hujan.

Perkiraan nilai data yang hilang (P_A) dihitung dengan membandingkan curah hujan rata-rata alat ukur A (N_A) dengan curah hujan rata-rata bulanan setiap alat ukur terpasang (N_B, N_C). Persamaan tersebut hanya dapat digunakan bila seluruh data dikumpulkan pada waktu yang bersamaan.

Akurasi data curah hujan yang dihasilkan kedua metode perkiraan data curah hujan yang hilang tersebut cukup memadai untuk lokasi atau topografi yang homogen sehingga variabilitas spasial curah hujan di tempat tersebut tidak terlalu

besar. Apabila permasalahan kehilangan data curah hujan tersebut terjadi di daerah bergunung dengan curah hujan tipe konvektif, maka digunakan metode isohet. Hal yang perlu diperhatikan adalah perkiraan besarnya data curah hujan yang hilang dianggap memadai apabila masukan data curah hujan dari stasiun-stasiun penakar hujan yang berada di sekitarnya cukup lama/banyak. Apabila yang hilang hanya data satu atau beberapa hari, maka diperkirakan dengan cara mempelajari pola curah hujan yang umum terjadi di tempat tersebut yang kemudian diinterpolasi dengan menggunakan data hujan dari stasiun-stasiun penakar hujan di sekitarnya. Hal ini jauh lebih memadai daripada memperkirakan hujan data hujan tersebut dengan bertumpu pada perhitungan hubungan rata-rata seperti kedua metode yang lain.

d. Pola Curah Hujan di Indonesia

Indonesia dikenal sebagai satu kawasan benua maritim karena wilayahnya didominasi oleh lautan dan diapit oleh dua Samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Oleh karena itu pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh keberadaan Samudera Pasifik di sebelah timur laut dan Samudera Hindia di sebelah barat daya. Pada siang hari evaporasi dari permukaan ke dua samudera ini akan secara nyata meningkatkan kelembaban udara di atasnya. Keberadaan kedua samudera merupakan sumber udara lembab yang mendatangkan hujan bagi Indonesia. Keberadaan Benua Asia dan Benua Australia akan mempengaruhi pola pergerakan angin di wilayah Indonesia. Arah angin sangat penting peranannya dalam mempengaruhi pola curah hujan. Indonesia sendiri dipengaruhi oleh sistem Monsun Asia-Australia. Jika angin berhembus dari arah Samudera Pasifik atau Samudera Hindia, maka angin tersebut membawa udara lembab ke wilayah Indonesia yang akan mengakibatkan curah hujan di wilayah Indonesia tinggi. Sebaliknya, jika angin berhembus dari arah daratan Benua Asia atau Benua Australia, angin tersebut akan mengandung sedikit uap air (kering) sehingga proses kondensasi secara alamiah tidak dapat berlangsung (Lakitan, 1994: 137).

Antara bulan Oktober sampai Maret, angin timur laut akan melintasi garis ekuator yang disebut angin monsoon timur laut. Angin ini mengakibatkan hujan

lebat yang dimulai dari bagian utara Indonesia, kemudian bergerak ke bagian selatang dan tenggara Indonesia. Sebaliknya, antara bulan April hingga Desember angin akan bergerak dari arah tenggara kemudian melintasi Benua Australia sebelum akhirnya sampai ke wilayah Indonesia. Karena itu angin dari arah tenggara ini mengandung sedikit uap air.

Hubungan dengan deretan pegunungan pun mempengaruhi curah hujan. Hal itu disebabkan oleh uap air yang dibawa angin menabrak deretan pegunungan sehingga uap air tersebut dibawa ke atas sampai ketinggian tertentu dan mengalami kondensasi. Uap air yang jenuh akan jatuh di atas pegunungan sedangkan di balik pegunungan yang menjadi arah dari angin tadi tidak hujan (daerah bayangan hujan).

3. Iklim

a. Pengertian Iklim

Iklim dalam batasan ilmu pengetahuan memiliki banyak pengertian. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, iklim memiliki dua arti. Pertama, iklim diartikan sebagai keadaan hawa (suhu, kelembaban, awan, hujan, dan sinar matahari) pada suatu daerah dalam jangka waktu yang agak lama (30 tahun). Kedua, iklim diartikan secara lebih umum yaitu suasana atau keadaan.

Trewartha *and* Horn (1995: 7) mengatakan bahwa iklim merupakan suatu konsep yang abstrak, dimana iklim merupakan komposit dari keadaan cuaca hari ke hari dan elemen-elemen atmosfer di dalam suatu kawasan tertentu dalam jangka waktu yang panjang.

Lakitan (1994: 2) mendefinisikan iklim adalah karakteristik cuaca pada suatu wilayah yang didasarkan atas data yang terkumpul selama kurun waktu yang lama (sekitar 30 tahun). Berdasarkan berbagai definisi tersebut, iklim adalah penyebaran cuaca dari waktu ke waktu (hari, bulan dan tahun) dan termasuk di dalamnya harga rata-rata dan harga-harga ekstrim (maksimum dan minimum) atau keadaan rata-rata cuaca pada suatu periode yang cukup lama pada daerah yang cukup luas.

b. Unsur Iklim

Iklim merupakan kelanjutan hasil pencatatan unsur cuaca dari hari ke hari dalam waktu yang lama sehingga merupakan rata-rata dari unsur cuaca. Unsur-unsur iklim sama dengan unsur-unsur cuaca, yaitu suhu udara, radiasi, tekanan udara, kelembaban udara, angin, curah hujan, intensitas penyinaran matahari, keadaan awan, embun, dan petir. Unsur-unsur iklim adalah unsur-unsur cuaca yang telah dirata-ratakan dalam waktu yang lama. Oleh karena itu unsur iklim bersifat stabil, tidak seperti unsur cuaca yang selalu berubah. Perubahan iklim berlangsung dalam periode yang lama dan meliputi area yang sangat luas bahkan seluruh permukaan bumi. Beberapa unsur cuaca adalah sebagai berikut. :

(a). Suhu Udara

Permukaan bumi merupakan awal penerima panas matahari. Udara yang dilaluinya hampir tidak menangkap panas tersebut. Lapisan atmosfer yang paling bawah pertama kali mendapat panas dari permukaan bumi melalui persentuhan (kontak) bumi dengan udara. Panas dirambatkan secara berangsur dari lapisan atmosfer paling bawah ke lapisan di atasnya. Itulah sebabnya lapisan atmosfer paling bawah lebih panas daripada lapisan atmosfer yang lebih tinggi. Banyaknya panas matahari yang diterima permukaan bumi terutama dipengaruhi oleh lamanya waktu penyinaran matahari, sudut datang sinar matahari, keadaan awan, dan keadaan permukaan bumi. Keempat faktor di atas menyebabkan adanya perbedaan suhu yang diterima oleh permukaan bumi. Makin lama matahari menyinari suatu daerah, makin banyak panas yang diterima di daerah itu. Jika datangnya sinar matahari di suatu daerah lebih tegak, maka panas yang diterima di daerah itu lebih banyak dibanding dengan datangnya sinar matahari dalam keadaan miring. Keadaan awan juga merupakan salah satu penghalang pancaran matahari. Permukaan daratan lebih cepat menerima panas dan cepat pula melepaskan panas, sedangkan permukaan lautan lambat menerima panas dan lambat pula melepaskan panas.

(b). Radiasi

Matahari sangat penting sebagai sumber energi pada bumi. Pancaran energi yang datang dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Besarnya radiasi tergantung pada suhu atau temperatur. Makin tinggi temperatur, makin hebat radiasi dan makin pendek gelombang elektromagnetiknya. Radiasi matahari bergelombang pendek, sedangkan radiasi bumi bergelombang panjang karena energi matahari diserap oleh bumi dan diteruskan (dipancarkan) kembali menjadi radiasi yang bergelombang panjang. Secara umum dapat dikatakan bahwa secara keseluruhan bumi memiliki imbang antara energi yang masuk dan yang keluar. Namun, imbang tersebut tidak sama dari suatu tempat ke tempat yang lain. Hal tersebut disebabkan adanya pergerakan bumi, kondisi fisik permukaan bumi, dan persebaran awan. Jadi, energi matahari merupakan sumber utama energi atmosfer dan merupakan pengendali terhadap cuaca dan iklim.

Akibat dari perbedaan radiasi, elevasi, dan letak lintang maka terjadilah fluktuasi temperatur, baik harian maupun tahunan. Fluktuasi temperatur harian minimal terjadi pada pukul 06.00–07.00. Sedangkan temperatur harian maksimum terjadi pada pukul 15.00 – 16.00. Fluktuasi temperatur tahunan minimum terjadi antara bulan Januari–Februari. Sedangkan temperatur tahunan maksimum terjadi antara bulan Agustus–September. Perubahan temperatur vertikal digambarkan dengan terjadinya penurunan temperatur akibat makin tingginya suatu tempat. Keadaan ini berkembang sampai pada lapisan tropopause. Rata-rata penurunan temperatur dalam hubungannya dengan tinggi tempat adalah $0,6^{\circ}\text{C}$ naik setiap 100 m.

(c). Tekanan Udara

Tekanan udara adalah tekanan yang disebabkan oleh keadaan udara di setiap bidang datar pada permukaan bumi seluas 1 cm^2 sampai batas atmosfer.

(d) Kelembaban Udara

Kelembaban udara atau kelengasan atau kebasahan udara adalah kandungan uap air yang ada dalam udara. Kelembaban udara ada 2 macam

yaitu kelembaban mutlak atau absolut adalah jumlah uap air yang terdapat dalam udara dinyatakan dengan gram uap air setiap m³ udara dan kelembaban relatif atau nisbi. Kelembaban relatif adalah perbandingan jumlah uap air dalam udara dengan jumlah uap air maksimum yang dikandung udara pada suhu yang sama (dinyatakan dalam %). Contoh: 1 m³ udara yang suhunya 25°C terdapat 15 gram uap air maka kelembaban mutlak = 15 gram. Jika dalam suhu yang sama, 1 m³ udara maksimum mengandung 18 gram uap air maka kelembaban relatifnya adalah: $15/18 \times 100\% = 83,33\%$. Kelembaban relatif adalah bilangan (dalam %) yang menunjukkan perbandingan antara jumlah uap air yang ada dalam udara dan jumlah uap air yang dapat ditampung oleh udara. Rumusnya adalah:

$$\text{Kelembaban Relatif} : \frac{\text{Kelembaban Mutlak Udara}}{\text{Nilai Maksimal Udara}} = 100\%$$

Udara jenuh jika kelembabannya 100%. Jadi, perbandingan uap air di dalam udara merupakan indikator kapasitas-kapasitas untuk terjadinya hujan. Uap air berifat menyerap radiasi sehingga mempengaruhi temperatur.

(e) Awan

Terjadinya awan apabila uap air di udara temperaturnya mengalami penurunan hingga mencapai titik kondensasi. Awan dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu sebagai berikut :

- Cirrus tergolong awan tinggi dengan ketinggian > 6.000 m yaitu Cirrus (ci), Cirrostratus (cs), dan Cirrocumulus (cc).
- Alto tergolong awan sedang dengan ketinggian antara 2.000 – 6.000 m yaitu Altocumulus dan Altostratus.
- Strato tergolong awan rendah dengan ketinggian < 2.000 m yaitu Nimbostratus, Stratus, Stratocumulus.
- Awan yang terjadi akibat udara naik pada ketinggian 500 – 15.000 m yaitu Cumulus (cu) dan Cumulonimbus (cb)

c. Faktor Pengendali Iklim

Karakteristik iklim pada permukaan bumi akan berbeda dari tempat ke tempat. Proses terjadinya cuaca dan iklim merupakan kombinasi dari variabel-variabel atmosfer yang sama yang disebut unsur-unsur iklim. Unsur-unsur iklim ini terdiri dari intensitas radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara, lama penyinaran, presipitasi, evaporasi, tekanan udara dan angin. Unsur-unsur ini berbeda dari waktu ke waktu dan dari tempat ke tempat yang disebabkan oleh adanya pengendali-pengendali iklim. Akibatnya terjadi perbedaan distribusi tipe cuaca/iklim. Faktor dominan yang menentukan perbedaan iklim antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain menurut Lakitan (1994; 17) adalah :

1. Posisi relatif terhadap garis edar matahari (posisi lintang)

Berdasarkan Hukum Lambert (*Lambert's Cosine Law*), kerapatan aliran energi cahaya yang diterima per satuan luas permukaan akan mencapai maksimal jika berkas cahaya tersebut jatuh tegak lurus terhadap permukaan tersebut. Sesuai hukum tersebut, kerapatan aliran energi cahaya yang diterima per satuan luas permukaan pada daerah sekitar ekuator akan lebih tinggi, baik pada belahan bumi utara atau selatan. Radiasi matahari kumulatif tahunan yang diterima daerah tropis akan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah Antartika dan Arktik. Wilayah kutub akan menerima sedikit radiasi sehingga suhu permukaan pada wilayah tersebut lebih dingin daripada yang berada di letak lintang rendah.

2. Keberadaan lautan atau permukaan airnya

Keberadaan bentangan air yang luas akan mempengaruhi iklim suatu kawasan. Besarnya pengaruh keberadaan bentangan permukaan air tergantung pada luasnya. Peningkatan suhu air laut (lautan) berlangsung lebih lambat, tetapi air dapat menyimpan panas lebih lama dibandingkan daratan. Angin yang berhembus melewati bentangan permukaan air dapat menghambat peningkatan atau penurunan suhu secara drastis pada wilayah daratan di sekitarnya. Karena itu, iklim di wilayah kepulauan atau di wilayah dekat pantai

akan lebih sejuk untuk daerah tropis dan lebih hangat untuk wilayah lintang utara atau selatan.

3. Pola arah angin

Angin merupakan faktor penting dalam pendistribusian uap air/kelembaban udara dan panas. Angin berperan penting dalam mendistribusikan panas secara langsung atau melalui arus laut. Angin permukaan yang menyebabkan massa air laut bergerak membentuk arus. Arus permukaan laut di belahan bumi utara akan bersirkulasi searah jarum jam. Arus yang bergerak dari arah ekuator akan membawa panas. Sebaliknya, arus permukaan air laut pada belahan bumi selatan akan bersirkulasi berlawanan dengan arah jarum jam.

4. Rupa permukaan daratan bumi

Rupa permukaan daratan (geomorfologi) dan ketinggian tempat (altitude) akan mempengaruhi iklim. Pegunungan dapat berperan sebagai penghalang fisik pergerakan angin. Hal itu menyebabkan udara akan dipaksa naik. Jika udara naik, maka udara tersebut akan mengembang dan suhunya menurun secara adiabatik. Jika udara tersebut mengandung uap air, maka akan mengalami kondensasi dan awan akan terbentuk. Curah hujan relatif tinggi untuk sisi lereng yang menghadang angin dan sebaliknya. Suhu udara rata-rata pada tempat yang tinggi akan lebih rendah dibanding daratan rendah karena udaranya lebih renggang sehingga kurang mampu menyimpan panas.

5. Kerapatan dan jenis vegetasi

Sesungguhnya hubungan antara vegetasi dan iklim merupakan hubungan saling pengaruh. Selain iklim dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, keberadaan vegetasi juga dapat mempengaruhi iklim di sekitarnya. Penyebaran berbagai spesies tumbuhan akan dibatasi oleh kondisi iklim dan tanah serta daya adaptasi dari masing-masing spesies tumbuhan tersebut. Semakin besar total biomass vegetasi dan penyebarannya, maka

semakin besar pengaruhnya terhadap iklim wilayah tersebut. Peran vegetasi mirip dengan bentangan air karena tumbuhan mengandung banyak air dan menyumbang banyak uap air ke atmosfer melalui proses transpirasi.

d. Mekanisme Pembentukan Cuaca / Iklim

Penyerapan energi surya oleh permukaan bumi akan mengaktifkan molekul-molekul gas atmosfer sehingga terjadi pembentuka cuaca. Perubahan sudut datang surya setiap saat dalam sehari atau setahun pada suatu lokasi di bumi akan mengakibatkan perubahan jumlah energi surya. Perubahan tersebut meliputi pemanasan dan pendinginan udara, peningkatan dan penurunan tekanan udara, gerakan vertikal dan horizontal udara, penguapan dan kondensasi (pengembunan), pembentukan awan, dan presipitasi.

Faktor Pengendali Iklim

1. Pancaran radiasi surya
2. Letak lintang
3. Ketinggian tempat
4. Posisi tempat terhadap lautan
5. Pusat tekanan tinggi dan rendah semi permanen
6. Aliran massa udara
7. Halangan oleh pegunungan
8. Arus laut
9. Unsur cuaca/iklim : radiasi surya, suhu, tekanan udara, angin

Unsur Iklim

1. Penerimaan radiasi dan lama penyinaran surya
2. Suhu udara
3. Kelembaban udara
4. Tekanan udara
5. Kecepatan dan arah angin
6. Evaporasi
7. Presipitasi : hujan, salju, embun
8. Suhu tanah

Distribusi tipe cuaca dan iklim

Gambar 4. Mekanisme pembentukan cuaca dan iklim

Interaksi antara unsur-unsur cuaca dengan faktor pengendalinya akan membentuk cuaca sesaat yang dalam jangka panjang akan membentuk tipe-tipe iklim.

4. Perubahan Iklim

a. Pengertian Perubahan Iklim

LAPAN (2002) mendefinisikan perubahan iklim adalah perubahan rata-rata salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu. Sedangkan istilah perubahan iklim skala global adalah perubahan iklim dengan acuan wilayah bumi secara keseluruhan.

Trenberth, Houghton *and* Filho (1995) dalam Visa (2006) mendefinisikan perubahan iklim sebagai perubahan pada iklim yang dipengaruhi langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang merubah komposisi atmosfer, yang akan memperbesar keragaman iklim teramati pada periode yang cukup panjang. Perubahan iklim baru dapat diketahui setelah periode waktu yang panjang.

Upreti (1999) dalam Malla (2008) menyatakan perubahan iklim merupakan fenomena akibat emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar, deforestasi, urbanisasi dan industrialisasi. Fenomena tersebut menghasilkan variasi energi surya, suhu dan curah hujan. Hal tersebut merupakan ancaman nyata bagi kehidupan di dunia yang sebagian besar mempengaruhi sumber daya air, pertanian, daerah pesisir, habitat air tawar, vegetasi dan hutan, salju penutup dan pencairan dan proses geologi seperti longsor, desertifikasi dan banjir, dan memiliki jangka panjang mempengaruhi pada keamanan pangan serta kesehatan manusia. Berbagai penelitian telah dilakukan di berbagai bagian dunia untuk mendeteksi trend iklim mungkin dan perubahan. Menurut Karl et al (1993) dalam Bani dan Domi (2005) beberapa penelitian telah menunjukkan trend yang signifikan, terutama selama empat dekade.

Deteksi perubahan didefinisikan sebagai proses menunjukkan bahwa iklim atau sebuah sistem yang dipengaruhi oleh iklim telah berubah dalam beberapa arti statistik tanpa memberikan alasan untuk perubahan itu. Atribusi didefinisikan sebagai proses evaluasi kontribusi relatif faktor penyebab ganda untuk perubahan atau peristiwa dengan tugas kepercayaan statistik. Namun, perubahan yang

diamati harus dapat dideteksi (IPCC ; 2010 dalam Eslamian, Gilroy, dan McCuen 2011).

b. Teori Perubahan Iklim

Perubahan iklim baru dapat diketahui setelah periode lama. Beberapa ilmuwan menggunakan istilah kecenderungan iklim / *climatic trend* (Tjasyono, 2004). Ada beberapa teori yang menjelaskan perubahan iklim, diantaranya seperti yang diuraikan berikut ini :

1. Teori Geologi

Terdapat dua teori kaitannya dengan teori geologi yaitu teori hanyutan benua (*the continental drift theory*) dan teori gunungapi (*vulcanism theory*). Menurut teori hanyutan benua, kerak bumi terdiri atas lempengan yang dapat saling bergeser. Pergeseran tersebut menyebabkan lempengan bumi terpisah seperti lempeng Pasifik, lempeng Nazca, lempeng Antartika, dan lempeng Cocos. Perubahan luas benua dan lautan mengakibatkan terjadinya perubahan arus laut yang berujung pada perubahan energi dan kelembaban udara. Imbasnya adalah terjadinya perubahan iklim. Teori yang lain adalah teori gunungapi. Teori ini menyebutkan bahwa letusan gunungapi menginjeksi partikel debu ke dalam lapisan atmosfer terutama ke lapisan troposfer atas dan stratosfer yang menghamburkan radiasi matahari yang datang. Di stratosfer, partikel debu yang sangat kecil melayang-layang sehingga menghambat masuknya radiasi matahari ke permukaan bumi yang menyebabkan suhu permukaan bumi turun.

2. Teori Astronomi

Teori perubahan iklim kaitannya dengan astronomi adalah perubahan orbit bumi dan sudut sumbu bumi. Perubahan orbit bumi mengelilingi matahari dari bentuk lingkaran ke bentuk elips memerlukan waktu sekitar 105.000 tahun. Pada waktu orbit bumi berbentuk lingkaran, radiasi matahari 20 % -30 % lebih besar dibanding dengan yang diterima bumi pada saat kedudukan bumi terjauh dari orbit elips (*aphelion*). Semula bumi mengelilingi matahari

dengan sudut sumbu bumi $22,1^\circ$ terhadap bidang ekliptika, dan sekarang menjadi $23,5^\circ$. Hal itu menyebabkan bumi yang menghadap ke matahari menjadi berubah. Baik perubahan orbit maupun kedudukan sumbu bumi mengakibatkan perubahan radiasi matahari yang diterima permukaan bumi sehingga iklim berubah.

Teori lain adalah noda matahari (*sunspot*). Matahari adalah bola gas yang menyala. Apinya menimbulkan ledakan di permukaan matahari yang berkaitan dengan suhu matahari. Pada permukaan matahari, bagian yang lebih terang mempunyai suhu yang lebih tinggi daripada bagian yang lebih gelap. Suhu yang tertinggi sekitar 6.000 K dan terendah 4.000 K. Bagian yang gelap dan bersuhu rendah disebut noda matahari. Banyaknya noda matahari berubah secara periodik. Ada yang 11 tahunan, 22 tahunan (daur Hale), dan 80 tahunan (daur Gleisberg). Perubahan noda matahari atau perubahan suhu matahari menimbulkan perubahan medan magnet bumi dan perubahan sistem peredaran atmosfer.

3. Teori Karbondioksida

Beberapa ahli menyelidiki hubungan perubahan iklim dengan ragam karbondioksida di atmosfer. Karbondioksida adalah salah satu gas rumah kaca. CO_2 menyerap radiasi gelombang panjang (radiasi bumi) pada panjang gelombang 4 sampai 5 mikron dan di atas 14 mikron terutama pada spektrum yang terletak antara 12 – 18 mikron. Karena itu peningkatan konsentrasi karbondioksida akan meningkatkan suhu atmosfer permukaan bumi dan mengurangi jumlah radiasi bumi yang hilang ke angkasa.

Karbonmonoksida (CO) adalah bentuk karbon sebagai hasil pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna. Sedangkan karbondioksida merupakan bentuk akhir karbon sebagai hasil bahan bakar fosil yang sempurna. Sebenarnya CO_2 tidak beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna. Tetapi mampu bertahan di atmosfer sekitar 4 sampai 6 tahun. Alasan bahwa CO_2 sebagai pencemar hanya karena

efek rumah kaca yaitu karbondioksida merupakan salah satu faktor yang penting penyebab perubahan iklim bumi. Sebagian besar radiasi matahari yang diterima bumi dapat lewat melalui udara yang berisi uap air dan CO₂ karena energi matahari terletak dalam panjang gelombang pendek. Akan tetapi pada waktu bumi meradiasikan kembali ke atmosfer segera diserap oleh uap air dan CO₂. Karena itu konsentrasi CO₂ dapat menyebabkan pemanasan atmosfer bumi. Efek pemanasan ini dikenal sebagai efek rumah kaca. Rumah kaca membiarkan cahaya matahari masuk melalui atap kaca dan memanasi udara di dalamnya dan secara fisis membatasi udara panas dalam ruang kaca. Uap air dan CO₂ dalam atmosfer membiarkan gelombang pendek radiasi matahari masuk ke permukaan bumi tetapi menyerap gelombang panjang dari radiasi bumi. Ragam konsentrasi karbon dioksida dalam atmosfer menyebabkan perubahan iklim.

Banyak teori lain yang berkembang mengenai perubahan iklim. Selain teori tersebut, terdapat 7 teori perubahan iklim yang dikemukakan oleh Joseph L. Bast (2010). Teori-teori tersebut adalah :

1. Pemanasan Global Antropogenik

Teori pertama perubahan iklim menyatakan bahwa emisi gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂), metana, dan dinitrogen oksida menyebabkan bencana dalam temperatur global. Mekanisme terjadinya hal itu disebut peningkatan efek rumah kaca atau teori pemanasan global antropogenik. Para pendukung teori ini percaya bahwa CO₂ yang berasal dari benda buatan manusia bertanggung jawab terhadap terjadinya banjir, kekeringan, cuaca buruk, gagal panen, kepunahan spesies, penyebaran penyakit, pemutihan karang di laut, kelaparan, dan ratusan bencana lainnya. Semua bencana ini akan menjadi lebih sering dan lebih parah karena suhu terus meningkat.

2. Biotermostat

Teori perubahan iklim yang kedua menyatakan bahwa terdapat masukan / umpan balik negatif dari proses biologis dan kimia yang seluruhnya atau hampir seluruhnya mengimbangi kegiatan positif yang mungkin disebabkan oleh meningkatnya CO₂. Proses ini bertindak sebagai biotermostat global untuk menjaga suhu tetap seimbang.

3. Formasi Awan dan Albedo

Teori ketiga perubahan iklim berisi bahwa perubahan formasi awan dan Albedo menciptakan umpan balik negatif yang membatalkan semua atau hampir semua efek pemanasan tingkat yang lebih tinggi dari CO₂. Teori ini didasarkan pada sebagian besar data pengamatan yang dilaporkan oleh sejumlah peneliti, bukan dari model komputer seperti dalam kasus teori pemanasan global antropogenik.

4. Faktor Pendorong Manusia Selain Gas Rumah Kaca

Teori keempat perubahan iklim menyebutkan bahwa pengaruh terbesar manusia pada iklim bukan hanya emisi gas rumah kaca, tetapi transformasi permukaan Bumi dengan cara penggundulan hutan, melakukan irigasi pada gurun, dan membangun kota-kota. Roger Pielke, Sr., seorang ahli iklim di Universitas Colorado mengemukakan teori sebagai berikut :

Although the natural causes of climate variations and changes are undoubtedly important, the human influences are significant and involve a diverse range of first-order climate forcings, including, but not limited to, the human input of carbon dioxide (CO₂).

Meskipun penyebab alami variasi iklim dan perubahan diragukan lagi penting, pengaruh manusia secara signifikan dan meliputi berbagai macam urutan pertama pendorong iklim, termasuk, namun tidak terbatas pada masukan karbon dioksida (CO₂) dari manusia.

5. Arus Samudera

Teori perubahan iklim yang menyatakan bahwa variasi temperatur global selama satu setengah abad dan khususnya 30 tahun terakhir

adalah karena perlambatan *Oceans Thermohaline Circulation* (THC). William Bill Gray yang merupakan profesor ilmu atmosfer di Universitas Colorado dan kepala Proyek Meteorologi Tropis di *Departement of Atmospheric Sciences* adalah pendukung utama teori ini.

6. Gerakan Planet

Teori perubahan iklim yang keenam menyatakan bahwa sebagian besar atau semua pemanasan dari di abad kedua puluh dapat dijelaskan oleh alam osilasi gravitasi dan magnetik dari tata surya yang disebabkan oleh gerakan planet yang melalui luar angkasa. Osilasi ini memodulasi variasi matahari dan atau pengaruh luar bumi lain yang kemudian mendorong perubahan iklim.

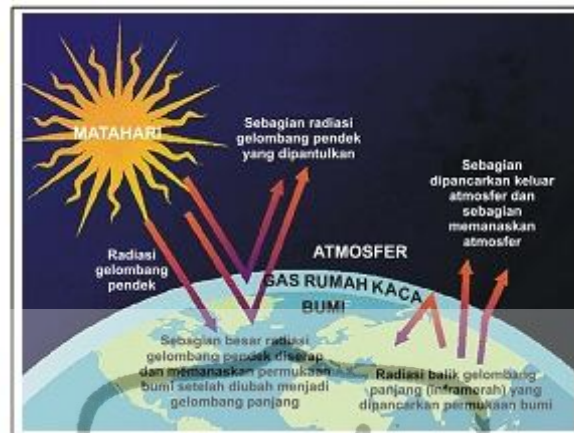
7. Aktivitas Matahari

Teori keenam perubahan iklim yang menyatakan bahwa sebagian besar atau semua pemanasan bagian akhir abad kedua puluh dapat dijelaskan oleh gravitasi alami dan osilasi magnetik dari tata surya yang disebabkan oleh gerakan planet melalui ruang. Osilasi ini mengatur variasi matahari dan / atau pengaruh dari luar Bumi yang kemudian mendorong perubahan iklim.

Pengaruh luar angkasa pada iklim di skala waktu multi-milenium dengan gerak planet, pertama kali diusulkan oleh astrofisikawan Serbia, Milutin Milankovitch, dan diterbitkan pada tahun 1941. Penemuan yang lebih baru memiliki memungkinkan para ilmuwan untuk secara akurat mengukur efek ini pada iklim.

c. Pemanasan Global

Pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (infra merah atau gelombang panas) yang dipancarkan oleh bumi, sehingga tidak dapat lepas ke angkasa dan akibatnya suhu di atmosfer bumi memanans.



Gambar 5. Gas rumahkaca yang menyelimuti atmosfer bumi

(Sumber: UNEP/WMO, 2000 dalam Kurniatun, 2007)

Dengan berubahnya suhu bumi yang dapat dirasakan oleh seluruh makhluk di bumi ini, maka kejadian tersebut dinamakan sebagai pemanasan global. Penjebak gelombang panas tersebut adalah lapisan gas yang berperan seperti dinding kaca atau 'selimut tebal', antara lain adalah uap air, gas asam arang atau karbon dioksida (CO_2), gas methana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), perfluorokarbon (PFC), hidrofluorokarbon (HFC) dan sulfurheksfluorida (SF_6). Uap air (H_2O) sebenarnya juga merupakan gas rumah kaca (GRK) yang penting dan pengaruhnya dapat segera dirasakan. Misalnya pada saat menjelang hujan berawan tebal dan kelembaban tinggi, udara terasa panas karena radiasi gelombang-panjang tertahan uap air atau mendung yang menggantung di atmosfer. Namun H_2O tidak diperhitungkan sebagai GRK yang efektif dan tidak dipergunakan dalam prediksi perubahan iklim karena keberadaan atau masa hidup (*life time*) H_2O sangat singkat (9.2 hari). Tiga jenis gas yang paling sering disebut sebagai GRK utama adalah CO_2 , CH_4 dan N_2O karena akhir-akhir ini konsentrasinya di atmosfer terus meningkat hingga dua kali lipat (IPCC, 2007 dalam Kurniatun 2007).

Dari ketiga GRK tersebut gas CO_2 merupakan gas yang paling pesat laju peningkatannya dan masa hidupnya paling panjang, walaupun kemampuan radiasinya lebih rendah dari pada ke dua gas lainnya. Kejadian pemanasan bumi

tersebut sama dengan kondisi di dalam rumah kaca yang memungkinkan sinar matahari untuk masuk tetapi energi panas yang keluar sangat sedikit, sehingga suhu di dalam rumah kaca sangat tinggi. Dengan demikian pemanasan global yang terjadi disebut juga Efek Rumah Kaca dan gas yang menimbulkannya disebut Gas Rumah Kaca (GRK) dan untuk memudahkan perhitungan dalam penurunan emisi, semua gas dinyatakan dalam ekivalen terhadap CO₂.

5. Penggunaan Lahan

a. Pengertian Penggunaan Lahan

Lahan adalah suatu daerah yang berada di permukaan bumi pada lapisan litosfer, yang mempunyai sifat-sifat tertentu dan merupakan sumberdaya alam yang penting bagi kehidupan dan merupakan faktor pembatas. Menurut Karmono Mangunsoekardjo (1984) dalam Indrayati (2002), lahan adalah suatu daerah di permukaan bumi dengan sifat-sifat tertentu seperti iklim, batuan, tanah, vegetasi, fauna dan manusia dan lahan merupakan sumberdaya bagi manusia karena dapat menyediakan bahan, tanah, air, zat-zat yang menumbuhkan tanaman atau sebagai tapak atau side untuk jalan, permukiman, industri, kehidupan lain, perairan maupun rekreasi. Definisi lain dikemukakan oleh Arsyad yaitu :

Lingkungan fisik yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air dan vegetasi serta benda yang ada di atasnya sepanjang pengaruhnya terhadap penggunaan lahan. Termasuk di dalamnya juga hasil kegiatan manusia di masa lalu dan sekarang seperti hasil reklamasi laut, pembersihan vegetasi, dan juga hasil yang merugikan seperti tanah yang tersalinasi.

Dari definisi di atas dapat disederhanakan menjadi lahan adalah keseluruhan lingkungan yang menyediakan kesempatan bagi manusia menjalani kehidupannya. Menurut FAO (1995) dalam Luthfi Rayes (2007 : 2), lahan memiliki banyak fungsi yaitu :

1. Fungsi produksi

Sebagai basis bagi berbagai sistem penunjang kehidupan melalui produksi biomassa yang menyediakan makanan, pakan ternak, serta bahan bakar kayu dan bahan-bahan biotik lainnya bagi manusia, baik secara

langsung maupun melalui binatang ternak termasuk budidaya kolam dan tambak ikan.

2. Fungsi lingkungan biotik

Lahan merupakan basis bagi keragaman daratan (*terrestrial*) yang menyediakan habitat biologi dan plasma nutfah bagi tumbuhan, hewan dan jasad mikro di atas dan di bawah permukaan tanah.

3. Fungsi pengatur iklim

Lahan dan penggunaannya merupakan sumber (*source*) dan rosot (*sink*) gas rumah kaca dan menentukan neraca energi global berupa pantulan, serapan, dan transformasi dari energi radiasi matahari dan daur hidrologi global.

4. Fungsi hidrologi

Lahan mengatur simpanan dan aliran sumberdaya air tanah dan air permukaan serta mempengaruhi kualitasnya.

5. Fungsi penyimpanan

Lahan merupakan gudang (sumber) berbagai bahan mentah dan mineral untuk dimanfaatkan oleh manusia.

6. Fungsi pengendali sampah dan polusi

Lahan berfungsi sebagai penerima, penyaring, penyanggga, dan pengubah senyawa-senyawa berbahaya.

7. Fungsi ruang kehidupan

Lahan menyediakan sarana fisik untuk tempat tinggal manusia, industri, dan aktivitas sosial seperti olahraga dan rekreasi.

8. Fungsi peninggalan dan penyimpanan

Lahan merupakan media untuk menyimpan dan melindungi benda-benda bersejarah dan berbagai suatu sumber informasi tentang kondisi iklim dan penggunaan lahan masa lalu.

9. Fungsi penghubung spasial

Lahan menyediakan ruang untuk transportasi manusia, masukan dan produksi serta untuk pemindahan tumbuhan dan binatang antara daerah terpencil dari suatu ekosistem alami.

Dari beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa lahan merupakan tanah dengan tanah segala ciri, kemampuan maupun sifatnya beserta segala sesuatu yang terdapat di atasnya termasuk didalamnya kegiatan manusia dalam memanfaatkan lahan. Lahan memiliki banyak fungsi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dalam usaha meningkatkan kualitas hidupnya.

Menurut Malingreu (1978) dalam Indrayati (2002), penggunaan lahan adalah segala macam campur tangan manusia baik secara permanen atau siklus terhadap suatu kumpulan sumber daya alam dan sumber daya buatan yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan baik kebendaan maupun spiritual ataupun keduanya. Penggunaan lahan menurut Karmono Mengunsoekardjo (1984) dalam Indrayati (2002) adalah bentuk penggunaan oleh manusia terhadap lahan termasuk keadaan yang belum terpengaruhi oleh kegiatan manusia. Penggunaan lahan adalah aktivitas manusia terhadap lahan untuk memenuhi keperluan permukiman, perkebunan, pertanian, industri, dan keperluan lain. Arsyad (1989 : 207) mendefinisikan penggunaan lahan yaitu setiap bentuk intervensi atau campur tangan manusia dalam lingkungan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual.

Umumnya penggunaan lahan di Indonesia merupakan akibat nyata dari suatu proses yang lama dari adanya interaksi yang tetap, adanya keseimbangan, serta keadaan dinamis antara aktifitas-aktifitas penduduk di atas lahan dan keterbatasan-keterbatasan di dalam lingkungan tempat hidup (As-syakur, 2011). Penggunaan lahan berkaitan erat dengan ketersediaan lahan dan air. Ketersediaan lahan dan air akan menentukan produktivitas sumberdaya yang mampu diproduksi, selain itu juga mampu memberikan data tentang potensinya.

b. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan adalah upaya pengelompokan berbagai jenis tutupan lahan atau penggunaan lahan ke dalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Sistem klasifikasi tutupan lahan

dan penggunaan lahan menurut USGS (*United States Geological Survey*) seperti yang tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Tutupan dan Penggunaan Lahan Menurut USGS

No	Level I	Level II	
1	Urban or built-up land	11	Residential
		12	Commercial and Service
		13	Transportation, Communications and utilities
		14	Industrials and Commercial complexs
		15	Mixed and commercial complexz
		16	Mixed urban or built-up land
		17	Other urban or built-up land
2	Agricultural Land	21	Cropland and pasture
		22	Orchards, groves, vineyards, nurseries, and ornamental horticultural areas
		23	Confined feedings operations
		24	Other agricultural land
3	Rangeland	31	Herbaceous rangeland
		32	Shrub-brushland rangeland
		33	Mixed rangeland
4	Forest land	41	Deciduous forest land
		42	Evergreen forest land
		43	Mixed forest land
5	Water	51	Steams and canal
		52	Lakes
		53	Reservoirs
		54	Bays and estuaries
6	Wetland	61	Forested wetland
		62	Nonforested wetland
7	Barren Land	71	Dry salt flats
		72	Beaches
		73	Sandy areas other than beaches
		74	Bare exposed rock
		75	Strip mines, quarries, and gravel pits
		76	Mixed barren land
8	Tundra	81	Shrub and brush tundra
		82	Herbaceous tundra
		83	Bare ground tundra
		84	Wet tundra
		85	Mixed tundra
9	Perennial snow or ice	91	Perrenial snowfields
		92	Glaciers

c. Perubahan Penggunaan Lahan

Interaksi antara dimensi ruang dan waktu dengan dimensi biofisik dan manusia mengakibatkan terjadinya perubahan penggunaan lahan (Veldkamp dan Verburg, 2004 dalam As-syakur, 2011). Menurut Wu (2008) dalam As-syakur (2011), perubahan iklim, peningkatan jumlah penduduk, dan proses urbanisasi merupakan penyebab umum yang dianggap sebagai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya perubahan penggunaan lahan, akan tetapi kenyataannya perubahan penggunaan lahan tidak terjadi karena adanya faktor tunggal (Verburg dan Veldkamp, 2001 dalam As-syakur 2011):

Perubahan penggunaan lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Martin, 1993 dalam As-syakur, 2011). Perubahan penggunaan lahan memiliki dampak potensial terhadap lingkungan fisik dan sosial. Perubahan penggunaan lahan dapat mempengaruhi sistem ekologi setempat, perubahan iklim lokal, berkurangnya keanekaragaman hayati, serta terjadinya fluktuasi pelepasan dan penyerapan CO₂ (Canadell, 2002 dalam As-syakur 2011).

Menurut As-syakur (2011) identifikasi perubahan penggunaan lahan pada suatu wilayah merupakan suatu proses mengidentifikasi perbedaan keberadaan suatu objek atau fenomena yang diamati pada waktu yang berbeda. Untuk melakukan identifikasi perubahan penggunaan lahan diperlukan data spasial temporal yang bisa bersumber dari hasil interpretasi citra satelit atau peta rupa bumi. Mengetahui perubahan penggunaan lahan sangat berguna dalam pengelolaan sumberdaya alam berkelanjutan dan perencanaan tata ruang di masa yang akan datang.

d. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau adalah area memanjang/jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh tanaman secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Departemen

Pekerjaan Umum, 2008 : 2). Sedangkan definisi ruang terbuka hijau kota adalah bagian dari ruang-ruang terbuka (*open spaces*) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi guna mendukung manfaat langsung atau tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan tersebut (Dep. Pekerjaan Umum, 2008 : 2). Status kepemilikan RTH diklasifikasikan menjadi RTH publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan publik atau lahan yang dimiliki oleh pemerintah dan RTH *privat* atau non publik, yaitu RTH yang berlokasi pada lahan-lahan milik pribadi. Manfaat RTH berdasarkan fungsinya dibagi atas:

1. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat tangible), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga, buah).
2. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat intangible), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati).

Pembagian jenis-jenis RTH yang ada sesuai dengan tipologi RTH seperti yang tersaji pada Gambar 6.

Ruang Terbuka Hijau (RTH)	Fisik	Fungsi	Struktur	Kepemilikan
	RTH Alami	Ekologis	Pola Ekologis	RTH Publik
	RTH Non Alami	Sosial Budaya		
		Estetika	Pola Planologis	RTH Privat
		Ekonomi		

commit to user
Gambar 6. Tipologi RTH

Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional serta RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsi RTH dapat berfungsi ekologis, sosial budaya, estetika, dan ekonomi. Secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang, tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan. Berdasarkan bobot kealamiannya, RTH dibagi menjadi beberapa kategori yaitu:

1. Berdasarkan bobot kealamiannya RTH dibagi menjadi RTH Alami (habitat liar, kawasan lindung) dan RTH Binaan (lapangan olahraga, pertamanan, pemakaman).
2. Berdasarkan sifat dan karakter ekologisnya RTH dibagi menjadi RTH Kawasan dan RTH Jalur.
3. Berdasarkan kawasan fungsional RTH dibagi menjadi RTH Perdagangan, RTH Perindustrian, RTH Pemukiman, RTH Pertamanan, dan RTH Kawasan Khusus.
4. Berdasarkan status kepemilikannya RTH dibagi menjadi RTH Publik (taman kota, taman pemakaman umum, dan jalur sepanjang jalan, sungai dan pantai) dan RTH Privat (kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan. (Dep. Pekerjaan Umum, 2008).

Beberapa karakteristik dari ruang terbuka hijau dapat diuraikan sebagai berikut, yaitu : luasan ruang terbuka hijau, menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang disebutkan bahwa RTH minimal harus memiliki luasan 30% dari luas total wilayah, dengan porsi 20% sebagai RTH publik. Menurut Oliveira *et al* (2011) dalam Aprihatmoko (2013 : 15), perluasan wilayah di perkotaan yang tidak diimbangi dengan kawasan hijau (*green zones*) yang cukup akan memberikan dampak terhadap perubahan iklim mikro di wilayah tersebut serta semakin memburuknya kondisi lingkungan. Wilayah yang tidak memiliki kawasan hijau akan menghasilkan suhu udara yang

lebih tinggi. Studi mengenai hubungan ruang terbuka hijau dengan perubahan suhu udara di sekitarnya telah banyak dilakukan. Effendy *et al.* (2006) dalam Aprihatmoko (2013 : 15) menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara terjadi seiring dengan berkurangnya RTH di wilayah tersebut begitupun sebaliknya penurunan suhu udara terjadi saat RTH bertambah.

B. Penelitian yang Relevan

Berta Yudhiastuti (2001) dalam penelitiannya yang berjudul “*Perubahan Iklim di Indonesia Ditinjau dari Unsur Hujan: Perbandingan Hujan Bulanan Antara Periode 1961-1980 dan 1981-2000*” menggunakan data curah hujan bulanan 1961-1980 dari dua belas stasiun hujan yang tersebar di Indonesia. Tujuan penelitian tersebut adalah (1) mengetahui perbedaan rata-rata dan variasi umum hujan bulanan dan tahunan antara periode 1961-1980 dan 1981-2000; dan (2) mengetahui arah kecenderungan hujan bulanan dan tahunan dalam periode 1961-2000. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling. Analisis statistik yang digunakan adalah rata-rata, koefisien variasi (Cv), frekuensi uji beda, perataan berjalan, dan Spearman-rank Statistics. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah (1) nilai PMP bulanan terbesar terdapat di tipe ekuatorial (2195 mm); (2) rata-rata hujan bulanan di ketiga tipe hujan mengalami penurunan pada periode 1981-2000 dan diikuti penurunan rata-rata hujan tahunan: penurunan terbesar rata-rata hujan tahunan terdapat di tipe ekuatorial; (3) koefisien variasi hujan bulanan pada ketiga tipe hujan menunjukkan peningkatan pada periode 1981-2000, demikian juga dengan koefisien variasi hujan tahunan; dan (4) secara umum, selama periode 1961-2000 hujan bulanan dan tahunan cenderung menurun, namun pada tipe local, kecenderungan hujan bulanan adalah naik.

Umara Firma (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “*Fluktuasi Suhu Udara dan Trend Variasi Curah Hujan Rata-Rata di Atas 100 mm di Beberapa Wilayah Indonesia*” menggunakan data temperatur bulanan rata-rata, maksimum, minimum diambil dari database synop dan hujan bulanan jumlah diambil dari database synop, database hujan dan database iklim 25 tahun di beberapa tempat di Indonesia. Tujuan penelitian tersebut adalah (1) Mengetahui angka kecenderungan

curah hujan yang terjadi selama kurun waktu lebih 25 tahun dengan menggunakan nilai dari algoritma kuadrat terkecil ($y = mx + b$) untuk menghasilkan deret atau rangkaian: dan (2) Dengan mengetahui naiknya suhu rata-rata bulanan yang terjadi dalam kurun periode tertentu di beberapa wilayah di Indonesia menjadi bagian dari indikator adanya pemanasan global/ perubahan iklim. Analisis yang digunakan adalah analisis data sekunder dan statistik dengan persamaan nilai R-Square. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah (1) Temuan di Sentani (Provinsi Papua), dan Makasar (Provinsi Sulawesi Selatan) terjadi peningkatan curah hujan yang berjalan seiring dengan penurunan suhu udara.; (2) rata-rata curah hujan dari tahun ke tahun memperlihatkan penurunan tertinggi terjadi di Provinsi Jawa Barat.

Hariadi Tatang Endi dalam penelitiannya yang berjudul “*Analisis Perubahan Iklim Bandung berdasarkan Data Curah Hujan*” menggunakan data curah hujan untuk periode 1900-1930 dan periode 1960-1990. Tujuan penelitian tersebut adalah (1) mengetahui perbedaan harga rata-rata dan variasi umum curah hujan bulanan dan tahunan antara periode 1900-1930 dan periode 1960-1990; dan (2) mengetahui arah kecenderungan hujan bulanan dan tahunan dalam periode 1900-1930 dan periode 1960-1990. Analisis statistik yang digunakan adalah test hipotesa rata-rata dan uji variansi. Hasil yang diperoleh memperlihatkan harga rata-rata total curah hujan, baik tahunan, musim basah, musim kering, dan peralihan memperlihatkan adanya kenaikan. Namun hasil test hipotesa dan uji variansi total tahunan, bulan kering, bulan basah, dan peralihan menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi masih dalam batas toleransi.

Tabel 3. Penelitian yang Relevan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Bertha Yudhiastuti (2001)	Perubahan Iklim di Indonesia Ditinjau dari Unsur Hujan: Perbandingan Hujan Bulanan Antara Periode 1961-1980 dan 1981-2000	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui perbedaan rata-rata dan variasi umum hujan bulanan dan tahunan antara periode 1961-1980 dan 1981-2000 Untuk mengetahui arah kecenderungan hujan bulanan dan tahunan dalam periode 1961-2000. 	Analisis data sekunder, analisis statistik dengan rata-rata, koefisien variasi, frekuensi uji beda, perataan berjalan, dan <i>Spearman-rank Statistics</i>	<ul style="list-style-type: none"> Nilai PMP bulanan terbesar terdapat di tipe ekuatorial (2195 mm). Rata-rata hujan bulanan di ketiga tipe hujan mengalami penurunan pada periode 1981-2000 dan diikuti penurunan rata-rata hujan tahunan: penurunan terbesar rata-rata hujan tahunan terdapat di tipe ekuatorial. Koefisien variasi hujan bulanan pada ketiga tipe hujan menunjukkan peningkatan pada periode 1981-2000, demikian juga dengan koefisien variasi hujan tahunan. Secara umum, selama periode 1961-2000 hujan bulanan dan tahunan cenderung menurun, namun pada tipe local, kecenderungan hujan bulanan adalah naik.
2	Umara Firman (2009)	Fluktuasi Suhu Udara dan Trend Variasi Curah Hujan Rata-Rata di Atas 100 mm di Beberapa Wilayah Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui angka kecenderungan curah hujan yang terjadi selama kurun waktu lebih 25 tahun dengan menggunakan nilai dari algoritma kuadrat terkecil ($y = mx + b$) untuk menghasilkan deret atau rangkaian. Dengan mengetahui naiknya suhu rata-rata bulanan yang terjadi dalam kurun periode tertentu di beberapa wilayah di Indonesia menjadi bagian dari indikator adanya pemanasan global/ perubahan iklim. 	Analisis data sekunder dan analisis kuantitatif.	<ul style="list-style-type: none"> Di beberapa wilayah Indonesia terjadi kecenderungan kenaikan suhu udara, namun di beberapa wilayah lain justru mengalami penurunan suhu udara. Untuk curah hujan, terdapat perbedaan penurunan curah hujan di berbagai wilayah. Temuan di Sentani (Provinsi Papua), dan Makasar (Provinsi Sulawesi Selatan) terjadi peningkatan curah hujan yang berjalan seiring dengan penurunan suhu udara. rata-rata curah hujan dari tahun ke tahun memperlihatkan penurunan tertinggi terjadi di Provinsi Jawa Barat

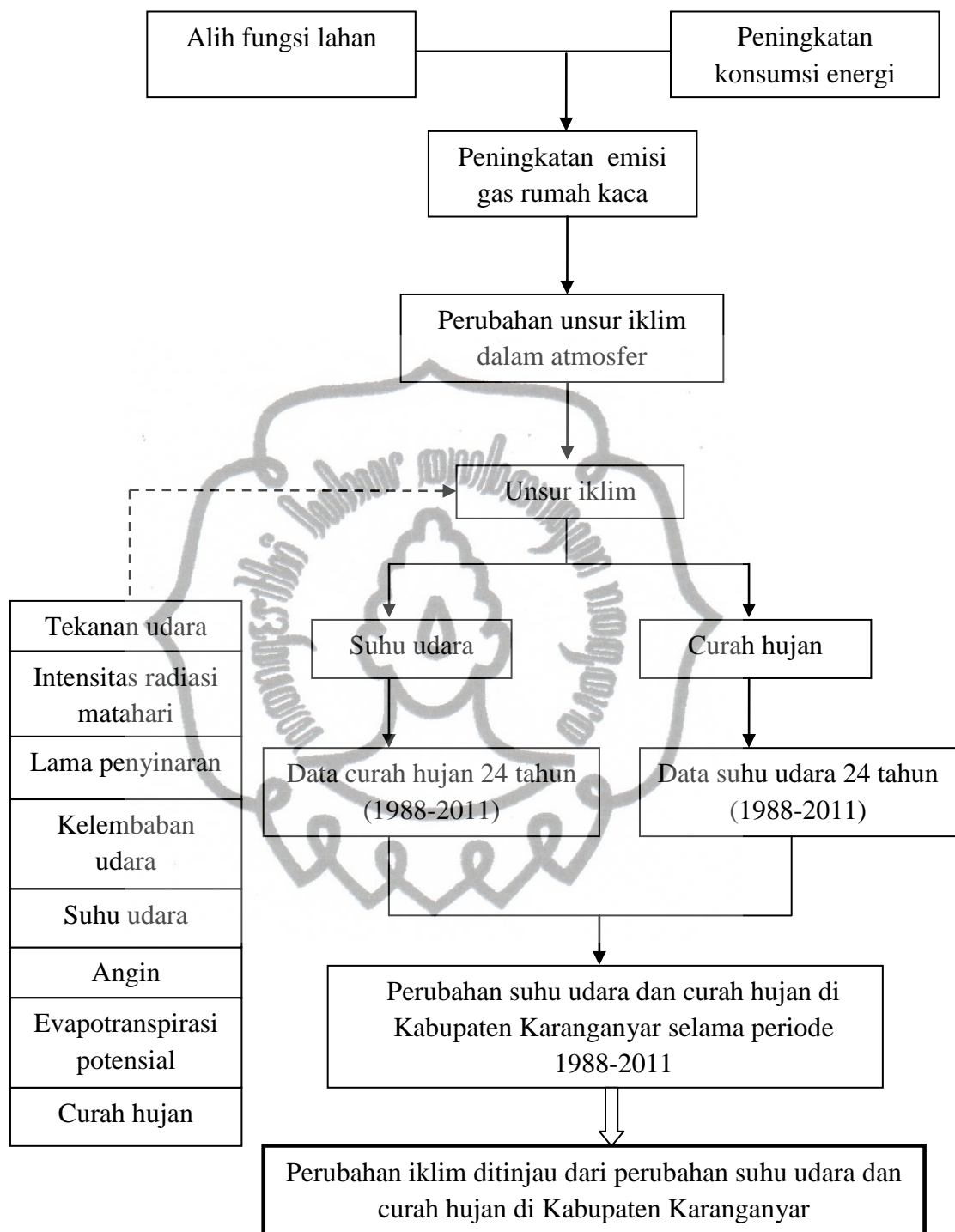
No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Hariadi Tatang Endi (2001)	Analisis Perubahan Iklim Bandung berdasarkan Data Curah Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mengetahui perbedaan harga rata-rata dan variasi umum curah hujan bulanan dan tahunan antara periode 1900-1930 dan periode 1960-1990. • Untuk mengetahui arah kecenderungan hujan bulanan dan tahunan dalam periode 1900-1930 dan periode 1960-1990. 	Kuantitatif dengan cara test hipotesa rata-rata dan uji variansi.	<ul style="list-style-type: none"> • Harga rata-rata total curah hujan, baik tahunan, musim basah, musim kering, dan peralihan memperlihatkan adanya kecenderungan naik dari periode 1900-1930 ke periode 1960-1990 namun cenderung turun pada musim kering. • Hasil uji statistik dengan distribusi F dan t didapat harga $F_{data} < F_{daftar}$ dan $-t_{0,975} < t < t_{0,975}$ yang berarti H_0 diterima untuk semua pengelompokan yang memberikan gambaran bahwa tidak terjadi perubahan baik kenaikan atau penurunan yang signifikan di semua periode, baik ditinjau dari total tahunan maupun setiap musim.
4	Dian Muthia Dwi Putri (2012)	Analisis Suhu Udara dan Curah Hujan Untuk Deteksi Perubahan Iklim Kabupaten Karanganyar Tahun 1988-2011	<ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui fluktuasi suhu udara di Kabupaten Karanganyar selama tahun 1988-2011 • Mengetahui fluktuasi curah hujan di Kabupaten Karanganyar selama tahun 1988-2011. • Mengetahui hubungan antara perubahan penggunaan lahan dengan perubahan iklim di Kabupaten Karanganyar Tahun 1988-2011. 	Analisis data sekunder dan analisis kuantitatif dengan rata-rata, variansi, dan uji hipotesis.	-

C. Kerangka Berpikir

Kegiatan manusia memberikan kontribusi terbesar terjadinya pemanasan global. Ada dua hal mengapa pertumbuhan penduduk berperan dalam pemanasan global yaitu alih fungsi lahan dan kebutuhan konsumsi energi. Meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan akan tempat tinggal semakin tinggi sehingga alih fungsi lahan pun terjadi. Konsumsi energi pun semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Terjadinya alih fungsi lahan menyebabkan berkurangnya ruang terbuka hijau sedangkan kebutuhan konsumsi energi meningkat membuat emisi gas rumah kaca terakumulasi di atmosfer. Peningkatan emisi gas rumah kaca baik secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi unsur-unsur iklim dalam atmosfer.

Kabupaten Karanganyar adalah salah satu Kabupaten yang mengalami banyak perkembangan selama tahun 1988 – 2011. Perkembangan tersebut dapat dilihat dari semakin tingginya jumlah penduduk yang berimbas pada alih fungsi lahan untuk kebutuhan permukiman. Pertambahan jumlah penduduk di Kabupaten Karanganyar membuat aktivitas dan mobilitas manusia untuk memenuhi kebutuhannya semakin tinggi. Selain peningkatan jumlah penduduk, jumlah industri di Kabupaten Karanganyar selama tahun 1988 -2011 juga mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah industri dan alat transportasi tersebut menyumbang emisi gas rumah kaca yang menjadi salah satu penyebab pemanasan global dan berujung pada perubahan iklim.

Dalam penelitian ini digunakan dua unsur iklim yaitu suhu udara dan curah hujan karena dapat dijadikan salah satu indikator perubahan iklim. Kedua variabel tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya perubahan iklim yang terjadi di Kabupaten Karanganyar. Hasilnya berupa trend kenaikan atau penurunan suhu dan curah hujan dalam grafik.



Gambar 7. Skema Kerangka Berpikir

d. Pengajuan Hipotesis

1. Terdapat perubahan suhu udara di Kabupaten Karanganyar selama tahun 1988-2011.
2. Terdapat perubahan curah hujan di Kabupaten Karanganyar tahun 1988-2011.
3. Terdapat hubungan antara penggunaan lahan dengan perubahan iklim di Kabupaten Karanganyar tahun 1988-2011.

