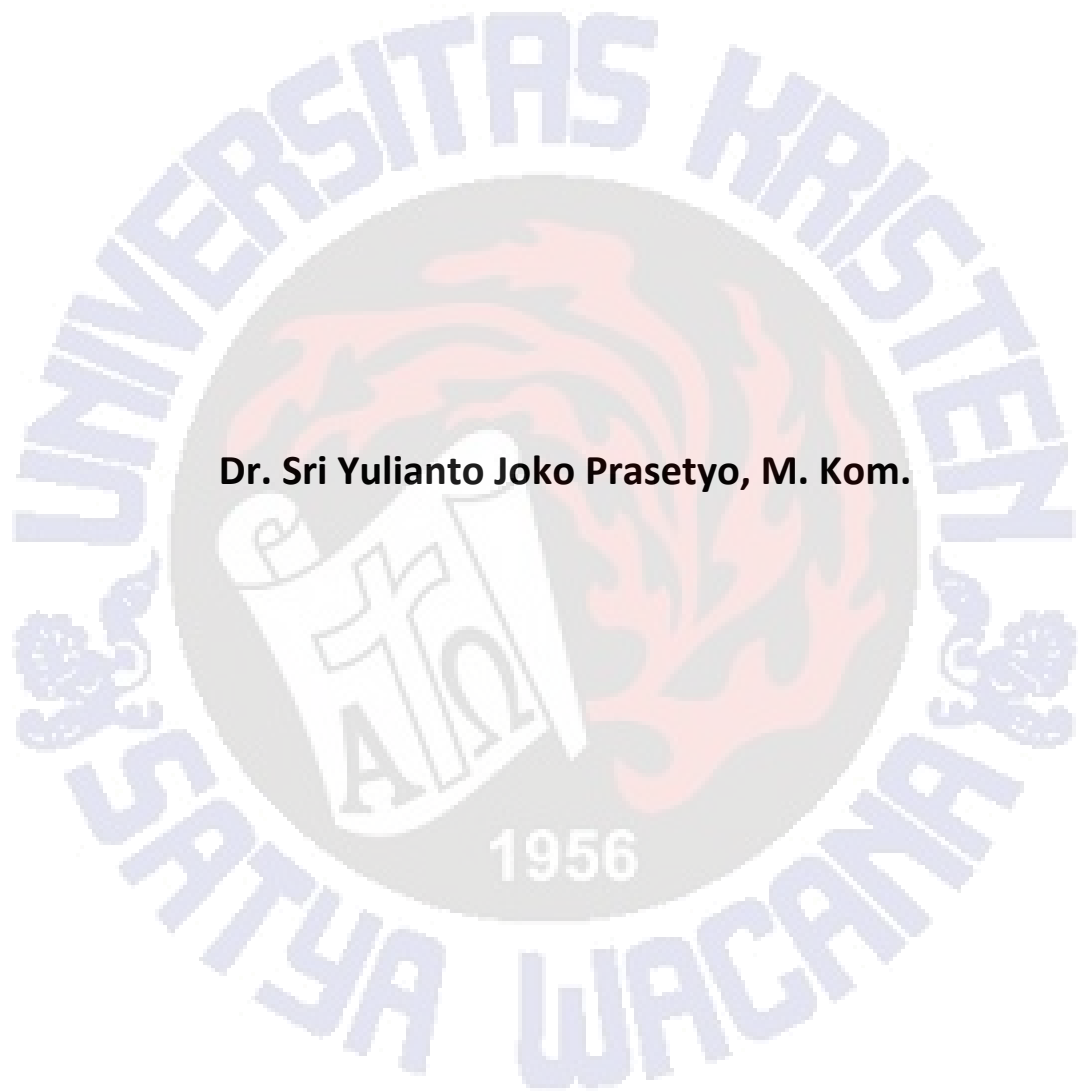


**MODUL PEMBELAJARAN MATAKULIAH**

**PEMODELAN DAN SIMULASI**

**Dr. Sri Yulianto Joko Prasetyo, M. Kom.**



**Fakultas Teknologi Informasi**  
**Universitas Kristen Satya Wacana**

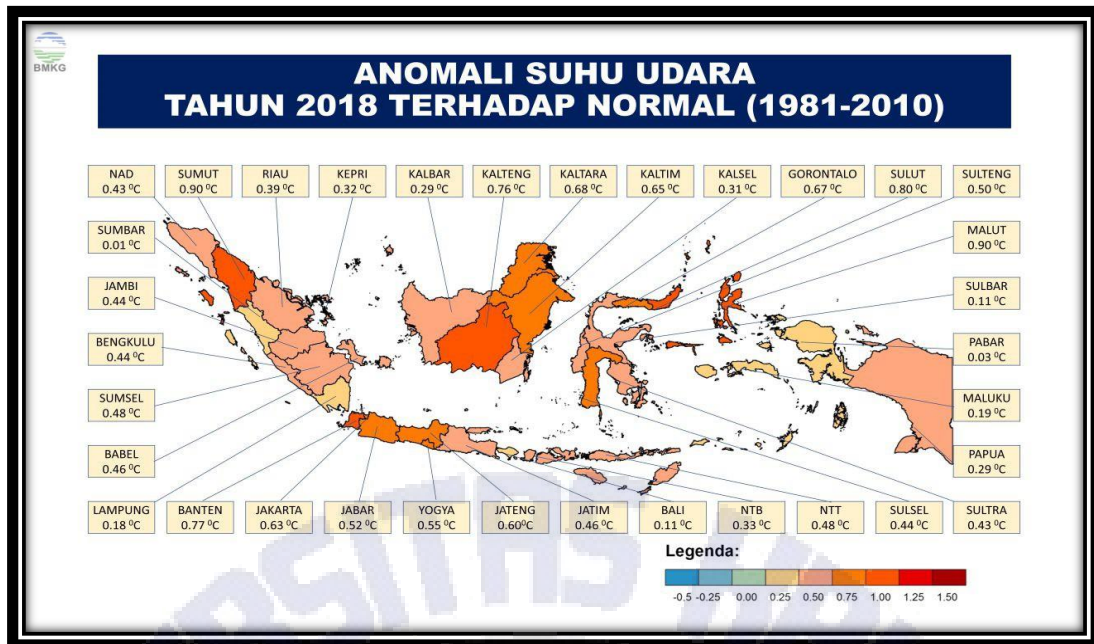
| <b>Standar Kompetensi</b>   | <b>Kompetensi Dasar</b>  | <b>Indikator Keberhasilan</b>   |
|---|--|---|
| Memahami fenomena perubahan iklim untuk merancang perencanaan mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan | Menjelaskan konsep iklim dan perubahannya  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan konsep iklim</li> <li>2. Mampu menjelaskan konsep perubahan iklim</li> </ol>  |
|   | Menjelaskan fenomena monsoon sebagai sebuah fenomena perubahan iklim   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan definisi monsoon</li> <li>2. Mampu mendeskripsikan fenomena monsoon sebagai sebuah perubahan iklim</li> <li>3. Mampu mencontohkan dampak adanya monsoon</li> </ol>  |
|   | Menjelaskan konsep La Nina dan El Nino sebagai sebuah fenomena iklim   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu mendefinisikan El Nino dan La Nina</li> <li>2. Mampu menjelaskan dan mencontohkan dampak El Nino dan La Nina</li> </ol>   |
|   | Menjelaskan konsep bencana serta bencana kekeringan dan kebakaran lahan.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan definisi bencana</li> <li>2. Mampu mengklasifikasikan jenis-jenis bencana</li> <li>3. Mampu menjelaskan definisi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> </ol>  |
|   | Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan bencana kekeringan dan kebakaran lahan.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menganalisis faktor-faktor penyebab bencana kekeringan</li> <li>2. Mampu menganalisis faktor-faktor penyebab bencana kebakaran lahan</li> </ol>   |
|   | Mengidentifikasi permasalahan yang ditimbulkan dari bencana kekeringan dan kebakaran lahan, serta merancang tindakan penanggulangannya.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu mengidentifikasi masalah jangka pendek yang ditimbulkan dari bencana kekeringan dan merumuskan cara penanggulangannya</li> <li>2. Mampu mengidentifikasi masalah jangka menengah yang ditimbulkan dari bencana kekeringan dan merumuskan cara penanggulangannya</li> <li>3. Mampu mengidentifikasi masalah jangka panjang yang ditimbulkan dari bencana kekeringan dan merumuskan cara penanggulangannya</li> </ol> |
|   | Menjelaskan konsep mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan konsep mitigasi bencana secara umum</li> <li>2. Mampu menjelaskan konsep mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>3. Mampu menjelaskan tujuan mitigasi bencana</li> </ol>   |
|   | Menganalisis aspek-aspek mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menganalisis aspek-aspek mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>2. Mampu merumuskan program aksi untuk setiap aspek mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> </ol>  |
|   | Menemukan dan menggunakan informasi dasar dalam merancang perencanaan mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menggunakan hasil-hasil penelitian dalam proses mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>2. Mampu memahami data yang tersedia dari berbagai sumber relevan untuk kepentingan mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>3. Mampu memahami hasil analisis data yang telah diperoleh melalui aplikasi SIMIA</li> </ol>  |
| Menyusun rencana mitigasi kekeringan dan kebakaran lahan.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menentukan program-program mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan yang harus dilaksanakan dikalangan petani dan dilaksanakan pemerintah</li> <li>2. Mampu menyusun rencana mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan secara komprehensif yang melibatkan semua stakeholder</li> </ol> |   |

# MITIGASI BENCANA KEKERINGAN DAN KEBAKARAN LAHAN

## IKLIM DAN PERUBAHANNYA

Menurut Prawirowardoyo (1996) iklim merupakan keadaan yang mencirikan atmosfer pada suatu daerah dalam jangka waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 30 tahun. Jangka waktu tersebut dipilih cukup lama untuk meratakan fluktuasi skala kecil. Supaya lebih praktis iklim tidak dinyatakan dengan semua unsur iklim, tetapi menggunakan dua atau tiga unsur yang dapat dianggap mewakilinya, misalnya suhu dan curah hujan. Selain iklim ada juga cuaca, cuaca merupakan keadaan fisis atmosfer di suatu tempat pada suatu saat. Keadaan fisis atmosfer ini dinyatakan dengan hasil pengukuran atau pengamatan berbagai unsur cuaca seperti suhu, curah hujan, tekanan, kelembapan, laju serta arah angin, perawanan, penyinaran matahari dan lainnya. **Jadi, secara umum iklim adalah kondisi rata-rata cuaca pada suatu wilayah yang sangat luas dalam periode waktu yang sangat lama. Iklim terjadi dalam waktu lama, umumnya 11-30 tahun yang disebabkan oleh letak geografis dan topografi suatu wilayah yang mempengaruhi posisi matahari terhadap daerah di bumi.** Posisi matahari di wilayah khatulistiwa (equator) menyebabkan terjadinya iklim tropis sedangkan wilayah yang sedikit mendapat matahari akan menyebabkan iklim kutub (dingin). Oleh karena itu, di planet bumi memiliki beberapa iklim berdasarkan posisi relatif suatu tempat dan perbedaan dan pola perubahan suhu udara. Iklim terdiri dari beberapa unsur. Unsur-unsur iklim inilah yang juga akan menentukan bagaimana perubahan iklim terjadi. **Unsur-unsur iklim antara lain sebagai berikut :**

1. Penyinaran Matahari. Matahari yaitu sebuah pengatur iklim di bumi yang sangat penting dan menjadi sumber energi yang paling utama di bumi. Energi matahari ini dipancarkan ke semua arah dalam bentuk sebuah gelombang elektromagnetik. Penyinaran Matahari ke Bumi ini dipengaruhi oleh sebuah kondisi awan dan perbedaan sudut datangnya sinar matahari.
2. Suhu Udara. Suhu udara yaitu sebuah keadaan panas atau dinginnya udara yang memiliki sifat menyebar dan berbeda-beda pada sebuah daerah tertentu. Persebarannya yang secara horizontal menunjukkan suhu udara tertinggi terdapat di sebuah daerah tropis garis ekuator (garis khayal ini yang membagi bumi menjadi sebuah bagian utara dan selatan) dan semakin ke arah kutub suhu udaranya akan semakin dingin. Sedangkan pada persebaran secara vertikal menunjukkan, semakin tinggi tempatnya, maka suhu udara akan semakin dingin. Alat untuk mengukur suatu suhu yaitu dengan termometer.
3. Kelembaban Udara (humidity). Dalam sebuah udara terdapat air karena terjadinya penguapan. Makin tinggi suhu udara, maka makin akan banyak uap air yang dikandungnya. Hal ini yang menyebabkan makin lembablah udara tersebut. Jadi, Humidity yaitu banyaknya uap air yang dikandung oleh udara. Alat pengukurnya yaitu dengan higrometer.
4. Awan. Awan adalah kumpulan titik air atau kristal es yang terjadi karena adanya kondensasi uap air yang terdapat pada atmosfer. Awan terjadi karena udara yang mengandung uap air naik sehingga suhunya turun sampai di bawah titik embun.
5. Curah hujan. Curah hujan yaitu suatu jumlah hujan yang jatuh di sebuah daerah pada kurun waktu tertentu.
6. Tekanan udara. Tekanan udara adalah udara yang mempunyai massa sehingga dapat menekan permukaan bumi. Alat untuk mengukur tekanan udara disebut barometer. Barometer ditemukan oleh Torricelli pada tahun 1644, hasil penemuan alat pengukur tekanan udara yang lain adalah barometer android.



Gambar 1. Anomali suhu Udara Tahun 2018 Terhadap Normal (1981-2010)

Kenaikan suhu bumi secara global sangat terasa dalam beberapa tahun terakhir. Panas yang menyebar secara merata di seluruh permukaan bumi, memicu perubahan pola angin dan pola arus di laut. Semakin panas suhu bumi, pola angin menjadi lebih kencang. Hal tersebut mengakibatkan tingkat penguapan di laut lepas menjadi semakin besar. Uap menuju ke angkasa dan terjadi kenaikan konsentrasi uap air. Akibatnya terjadilah hujan dengan intensitas yang tinggi. **Dengan berubahnya pola angin, berubah pula iklim di suatu wilayah. Iklim berpengaruh terhadap cuaca yang terjadi. Seperti halnya yang terjadi di Jawa Tengah, perubahan iklim secara global mengubah tatanan cuaca yang telah berlangsung lama.** Musim penghujan terjadi pada bulan Oktober hingga April, namun yang terjadi beberapa tahun terakhir adalah pergeseran musim. Musim penghujan dirasakan lebih pendek dan datang terlambat. Sebaliknya, musim kemarau datang lebih awal dan berlangsung sangat lama. Pergeseran musim inilah yang menjadi salah satu akibat dari adanya perubahan iklim.

Prawiwardoyo menjelaskan penyebab perubahan iklim dibagi menjadi dua, yaitu perubahan internal dan perubahan eksternal. Perubahan eksternal dapat berupa perubahan banyaknya radiasi matahari yang sampai dibagian luar atmosfer dan perubahan konfigurasi atau perubahan distribusi daratan dan lautan pada permukaan bumi. Sementara itu, perubahan internal merupakan perubahan yang terdapat di dalam sistem iklim, yang terdiri dari lima komponen yaitu atmosfer, litosfer, hidrosfer, kriosfer dan biosfer. **Masyarakat Indonesia merasakan kemarau basah sepanjang tahun 2010 yang pada akhirnya menutup tahun tanpa kemarau adalah gambaran nyata bagaimana iklim telah berubah.** Situasi La Nina moderat di samudera Pasifik dan tingginya SPL sepanjang tahun di lautan Indonesia menjadi penyebab utama dari tahun tanpa kemarau 2010. Siklus tahunan monsoon yang mengikuti pola garis edar ekuinoks matahari ternyata tidak berlaku pada tahun 2010 sehingga panas di lautan tetap bertahan di benua maritim. Iklim 2010 menunjukkan betapa pentingnya penguasaan dinamika iklim karena penyebab dasar dari selalu tingginya SPL masih belum dipahami. **Perubahan iklim 2010 menunjukkan betapa rentannya Indonesia terhadap perubahan iklim yang mengganggu berbagai sektor yang sebenarnya membutuhkan kehadiran musim kemarau yang seharusnya datang secara periodik.** Sektor yang sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim di Indonesia adalah sektor pertanian dimana kebanyakan petani Indonesia masih merupakan petani tradisional yang mengandalkan musim untuk menentukan waktu tanam.

## MONSOON

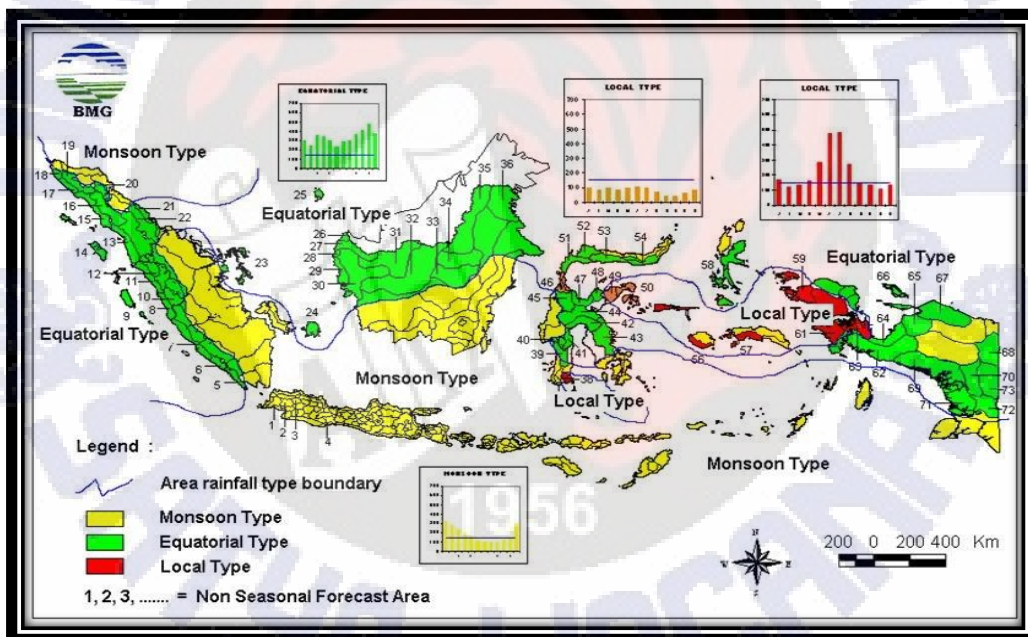
*Monsoon* adalah fenomena perubahan iklim secara ekstrim yang terjadi akibat adanya perubahan tekanan udara secara ekstrim di kawasan daratan India dan Lautan Hindia. Perubahan tekanan udara ini akan menyebabkan terjadinya angin sangat kencang dari lautan lepas menuju daratan India. Menurut Manik (2012) monsoon merupakan suatu pergerakan angin dalam skala besar yang bergantian diantara dua belahan bumi. Angin yang berhembus bergantian arah secara musiman, mengikuti musim panas atau musim dingin di belahan bumi utara sangat besar pengaruhnya dan mencakup wilayah yang luas melebihi daerah tropis. Pada musim dingin di belahan bumi utara bertekanan tinggi, menyebabkan aliran udara mengalir ke selatan. Udara yang bergerak turun sepanjang batas tropis menuju lautan Hindia, karena berasal dari daratan yang menghasilkan musim dingin yang untuk wilayah Indonesia karena angin tersebut sudah melewati lautan Hindia maka musim dingin menghasilkan hujan terutama di wilayah Indonesia bagian Barat. Pada saat musim panas di belahan Bumi Utara arus aliran udara bertukar arah. Untuk wilayah Indonesia karena aliran udara hanya melewati lautan yang sempit, maka pada musim panas cenderung curah hujan menurun untuk Indonesia bagian barat tetapi masih ada hujan untuk Indonesia bagian Timur.

Perubahan atmosfer yang menyebabkan terjadinya *monsoon* ini diakibatkan oleh perubahan pola tekanan atmosfer yang disebabkan munculnya variasi rerata pemanasan dan pendinginan. Akibatnya terjadi perbedaan amplitudo yang sangat besar dalam siklus temperatur musim didaratan dengan lautan yang terdekat disekitarnya. Perbedaan tingkat pemanasan udara ini terjadi dikarenakan panas di dalam lautan dilepaskan secara vertikal melalui *mixed layer* (lapisan campuran) dengan kedalaman sekitar 50 meteran. Seiring dengan tiupan angin dan turbulensi yang terbentuk pada saat pelepasan panas dari dalam lautan, pelepasan suhu didaratan berjalan lambat bila dibandingkan dengan kecepatan pelepasan suhu dari dalam lautan. Sehingga terjadi pergerakan udara panas dari lautan menuju ke daratan akibat perbedaan tekanan atmosfer yang sangat ekstrim. Dampak terjadinya *monsoon* selama musim panas adalah terjadinya udara bertekanan tinggi (ditunjukkan oleh gejala angin kencang dan ribut) yang bergerak ke arah utara dan menghasilkan hujan deras diatas daratan. **Monsoon teridentifikasi terbagi atas 4 macam berdasarkan area kemunculannya, sebagai berikut :**

1. *Northeast Monsoon* (Asia Selatan and Australia).  
Monsoon ini terjadi dikawasan Asia Selatan dan Australia dengan periode waktunya antara bulan Juni hingga September.
2. *Northern Indian Ocean Monsoon* (NIAM).  
Monsoon ini terjadi dikawasan India dengan periode waktunya antara bulan Juli hingga September seiring dengan monsoon yang terjadi dikawasan Meksiko dan kawasan barat daya Amerika Serikat sekitar pertengahan bulan Juli.
3. *African Monsoon*.  
Monsoon ini terjadi dikawasan India dengan periode waktunya antara bulan Juli hingga September seiring dengan monsoon yang terjadi dikawasan Meksiko dan kawasan barat daya Amerika Serikat sekitar pertengahan bulan Juli.
4. *South American Monsoon*.  
Monsoon ini terjadi dikawasan Amerika Selatan khususnya di negara Brasil dengan periode waktunya antara bulan Juli hingga September dimana presipitasi akan terjadi maksimum sehingga sering kali menyebabkan kawasan di kota Rio De Janeiro (Brasil) mengalami banjir besar.

**Monsoon, monsun, musim atau musim merupakan angin atau sirkulasi udara yang berbalik arah secara musiman, yang disebabkan oleh perbedaan pemanasan antara daratan dan lautan.** Daerah monsoon adalah daerah tempat arah angin dominan berbalik arah paling sedikit 120 derajat antara bulan Januari dan Juli. Kenapa dipertentangkan antara bulan Januari dan Juli? Karena bulan Januari merupakan saat maksimum musim dingin di BBU (belahan bumi utara) dan Juli merupakan maksimum musim dingin di BBS (belahan bumi selatan). Di dunia ini terdapat lima daerah utama monsoon yakni Afrika barat, Afrika timur, Asia Selatan, Asia timur dan tenggara, dan Australia utara. Monsoon Asia timur dan tenggara merupakan monsoon yang berkembang dengan baik karena besarnya benua Asia dan efek dataran tinggi Tibet terhadap aliran udara (Susilo, 1996).

Indonesia yang merupakan bagian dari Asia tenggara mempunyai karakteristik monsoon yang luar biasa indah. Pada saat BBU musim dingin, massa udara dari dataran tinggi Tibet menuju ke arah tenggara ke benua Australia yang ketika berada di atas laut China selatan berubah arahnya menjadi angin pasat timur laut. Indonesia bagian utara mendapatkan massa uap air yang cukup banyak karena angin tersebut melewati laut dalam waktu lama, dengan demikian maka perawanan juga banyak. Ketika melewati ekuator angin tersebut dibelokkan menjadi arah barat laut oleh gaya Coriolis. Pada saat berada di Indonesia bagian selatan, angin barat laut inipun masih membawa cukup banyak uap air sehingga perawanan banyak. Pada saat BBU musim dingin inilah Indonesia mengalami musim hujan. Ini terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Pebruari.

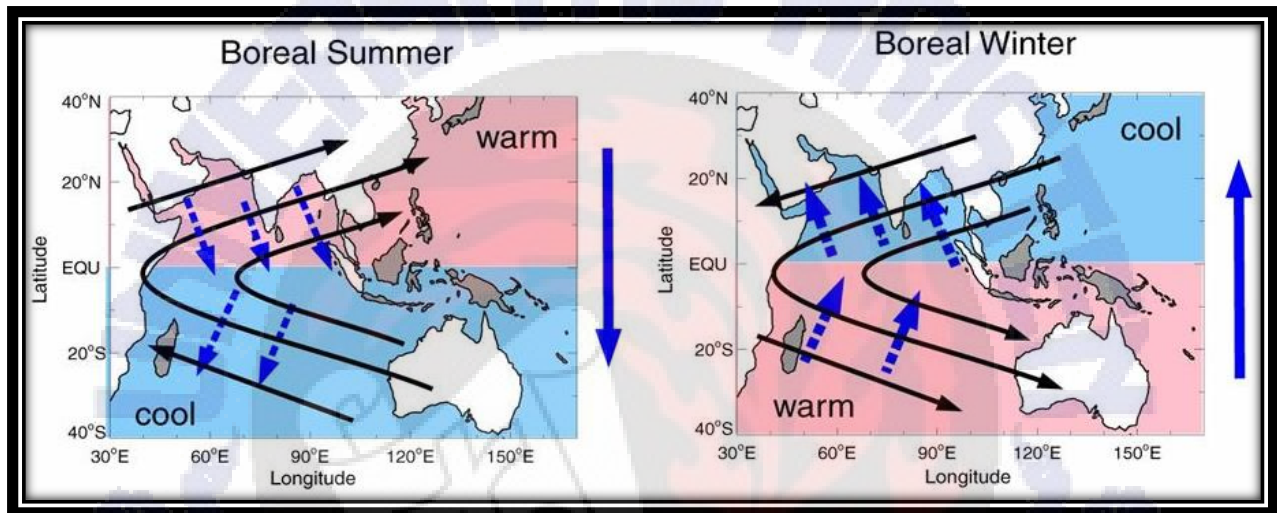


**Gambar 2. Pola curah hujan di Indonesia.**

Ketika BBS mengalami musim dingin, pola yang sebaliknya terjadi. Angin bertiup dari daerah bertekanan tinggi di Australia menuju ke arah benua Asia yang bertekanan rendah. Angin tenggara tersebut membawa sedikit uap air ketika melewati wilayah Indonesia sehingga hanya sedikit perawanan yang terbentuk. Akibatnya di sebagian besar wilayah Indonesia mengalami musim kemarau pada bulan Juni, Juli dan Agustus. Selain musim hujan dan kemarau tersebut di atas, kita kenal dua musim yang lain yakni musim transisi pertama yang terjadi pada bulan Maret, April, Mei dan musim transisi kedua yang terjadi pada bulan September, Oktober dan November. Musim transisi pertama terjadi ketika monsoon musim dingin di BBU digantikan oleh monsoon musim panas; sedangkan musim transisi kedua terjadi sebaliknya. **Wilayah Monsun ditandai oleh pembalikan musiman sistem angin utama (Tjasyono, 2008) dengan wilayah sirkulasi permukaan di bulan Januari dan Juli pada kondisi sebagai berikut (Zakir et al., 2010):**

1. Arah angin kebanyakan berubah setidaknya 120 derajat antara Januari dan Juli.
2. Rata-rata frekuensi arah angin kebanyakan pada bulan Januari dan Juli mencapai 40%.
3. Angin resultan rata-rata yang terjadi minimum pada satu bulan mencapai 3m/s.
4. Setiap 2 (dua) tahun terjadi kurang dari satu kali perubahan siklon-antisiklon di bulan manapun dalam wilayah selebar 5 derajat lintang-bujur.

Menurut Aldrian (2008) penyebab utama dari fenomena ini adalah pergerakan titik kulminasi Matahari terhadap Bumi yang bergerak ke arah utara-selatan dan terciptanya kontras tekanan dan suhu antara benua dan samudra. Di wilayah Indonesia terjadi pergerakan masuk dan keluarnya monsun dari barat laut menuju tenggara. Periode Monsun yang terjadi di Indonesia terbagi menjadi 4, yaitu Periode Monsun Asia (Desember-Januari-Februari), Transisi Monsun Australia (Maret-April-Mei), Monsun Australia (Juni-Juli-Agustus), dan Transisi Monsun Asia (September-Oktober-November).



Gambar 3. Monsoon di Indonesia

Monsun barat biasanya lebih lembab daripada monsun timur. Perbedaan arah angin di dalam kedua monsun tersebut disebabkan oleh dua faktor yaitu pertama udara turun di atas Australia pada waktu terjadi monsun timur sebaliknya udara naik di atas Australia pada waktu monsun barat sedangkan yang kedua pada saat monsun timur arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek sedangkan pada saat monsun barat arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya cukup jauh sehingga dalam monsun barat arus udara lebih banyak mengandung uap air (Tjasyono dan Mustofa, 2000). **Monsoon yang mempengaruhi Indonesia disebut monsoon Asia-Australia. Terjadi perubahan tahunan dari arah angin yang menimbulkan perubahan dua musim, yakni musim penghujan (basah) dan musim kemarau (kering). Banyak yang mengira seluruh wilayah Indonesia merupakan wilayah dua musim, tapi hal ini tidak sepenuhnya benar. Pada dasarnya sebagian wilayah Indonesia memiliki dua musim dan sebagian lagi tidak. Wilayah yang tidak memiliki musim dapat saja kering sepanjang tahun atau basah sepanjang tahun.**

Pola monsoon dan pergantian musim merupakan sebuah pola periodik yang sudah terpatritri dalam alam pemikiran masyarakat. **Hampir seluruh sektor kehidupan terbentuk dengan didasari oleh pola musim yang berbeda, sehingga perubahan yang cukup berarti pada pola musim akan berpengaruh pada berbagai sektor. Sektor pertanian, sumber daya air dan kelautan adalah sektor utama yang terpengaruh oleh perubahan pola musim. Selain itu sektor kesehatan, energi, pariwisata, kehutanan, infra struktur dan transportasi akan terpengaruh.**

## EL NINO DAN LA NINA

Dalam beberapa dekade terakhir, telah terjadi perubahan iklim yang sangat berpengaruh pada alam dan aktivitas manusia. Salah satunya adalah terdapat penyimpangan suhu yang mencolok, yang mengakibatkan banyak terjadinya fenomena alam seperti pemanasan global dan peristiwa El Nino dan La Nina. Peristiwa El Nino dan La Nina merupakan gejala alam yang tak bisa dihilangkan tetapi hanya bisa dihindari. El Nino dan La Nina merupakan dinamika atmosfer dan laut yang mempengaruhi cuaca di sekitar laut Pasifik. El Nino merupakan salah satu bentuk penyimpangan iklim di Samudera Pasifik yang ditandai dengan kenaikan suhu permukaan laut di daerah katulistiwa bagian tengah dan timur. **El Nino adalah fenomena perubahan iklim secara global yang diakibatkan oleh pemanasannya suhu permukaan air laut Pasifik bagian timur. El Nino terjadi pada 2-7 tahun dan bertahan hingga 12-15 bulan. Ciri-ciri terjadi El Nino adalah meningkatnya suhu muka laut di kawasan Pasifik secara berkala dan meningkatnya perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti (Taufiq & Marnita, 2011).** Fenomena el-nino berpengaruh kuat terhadap iklim di Indonesia. **Berkurangnya curah hujan dan terjadinya kemarau panjang adalah dampak langsung yang bisa memicu masalah lain pada sektor pertanian seperti gagal panen dan melemahnya ketahanan pangan.**

Naiknya suhu di Samudera Pasifik ini mengakibatkan perubahan pola angin dan curah hujan yang ada di atasnya. Pada saat normal hujan banyak turun di Australia dan Indonesia, namun akibat El Nino ini hujan banyak turun di Samudera Pasifik sedangkan di Australia dan Indonesia menjadi kering. **Sementara itu, La Nina adalah gejala gangguan iklim yang diakibatkan suhu permukaan laut Samudera Pasifik dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Akibat dari La Nina adalah hujan turun lebih banyak di Samudera Pasifik sebelah barat Australia dan Indonesia.** Dengan demikian di daerah ini akan terjadi hujan lebat dan banjir di mana-mana.

**Terjadinya El Nino ini melalui beberapa proses, mulai pemanasan suhu perairan pasifik bagian tengah dan timur, pembentukan awan, dan terhambatnya pertumbuhan awan.** Awal proses terjadinya El Nino adalah karena adanya peningkatan suhu yang berada di perairan Pasifik bagian tengah dan timur. Hal tersebut dapat meningkatkan suhu kelembapan pada atmosfer yang berada di atas perairan tersebut. Setelah terjadinya pemanasan suhu yang berada di perairan Pasifik bagian tengah dan timur, serta menimbulkan kelembapan di atmosfer yang mendorong terjadinya pembentukan awan dan dapat meningkatkan curah hujan yang berada di kawasan tersebut. Setelah proses pembentukn awal yang telah dijelaskan tersebut, maka di bagian timur Samudera Pasifik aka mengalami tekanan udara yang meningkat. Hal ini akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan awan di atas lautan di bagian timur Indonesia. Hal ini dapat mengakibatkan beberapa wilayah di Indonesia mengalami penurunan curah hujan yang dikatakan jauh dari normalnya.

Sementara itu, terjadinya La Nina ini dapat dikatakan sebagai dampak dari terjadinya El Nino. **Secara umum La Nina terjadi dimulai dengan menguatnya angin di Samudera Pasifik, massa air hangat terbawa ke arah pasifik barat hingga terjadinya upwelling. La Nina dikatakan sebagai penurunan suhu di permukaan perairan Samudera Pasifik bagian timur.** Pada saat itu ada angin yang pasat timur yang bertiup dan menguat di sepanjang Samudera Pasifik. Karena adanya angin kencang yang bertiup di sepanjang Samudera Pasifik, maka massa air hangat yang akan terbawa ke arah Pasifik Barat akan lebih banyak. Upwelling merupakan penaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan. Gerakan naik ini membawa serta air yang suhunya lebih dingin, salinitas tinggi dan zat-zat hara yang kaya ke permukaan (Nontji, 1993)



Untuk Indonesia, ketika El nino berlangsung, musim kemarau menjadi sangat kering serta permulaan musim hujan yang terlambat. Sedangkan ketika La nina, musim penghujan akan tiba lebih awal dari biasanya. Naiknya tekanan udara di pasifik tengah dan timur saat El Nino, menyebabkan pembentukan awan yang intensif. Hal ini yang menjadikan curah hujan yang tinggi di kawasan pasifik tengah dan timur. Sedangkan sebaliknya, di daerah pasifik barat terjadi kekeringan yang jauh dari normal. Turunnya tekanan udara di pasifik tengah dan timur saat La Nina, menjadi hambatan terbentuknya awan di daerah ini, sehingga mengalami kekeringan. Sedangkan sebaliknya, di daerah pasifik barat curah hujan sangat tinggi. Hal ini menimbulkan banjir yang parah di Indonesia. Selama elnino dicatat banyak kebakaran hutan yang menyebabkan kabut asap berkepanjangan, adanya perjangkitan terbatas penyakit kolera akibat pengaruh kekeringan terhadap ketersediaan air bersih. Fenomena El-Nino menyebabkan penurunan jumlah curah hujan jauh di bawah normal untuk beberapa daerah di Indonesia. Kondisi sebaliknya terjad musim hujan yang berkepanjangan pada saat fenomena La-nina berlangsung, yang mengakibatkan terjadinya ancaman banjir dan longsor.

El Nino menyebabkan hujan Sulit diprediksi. Perubahan iklim yang salah satu indikasinya adalah perubahan pola hujan. Indonesia sebagai rangkaian kepulauan di khatulistiwa yang diapit oleh dua benua dan dua lautan, memiliki cuaca dan iklim yang dapat dikatakan sebagai superposisi dari berbagai macam sirkulasi atmosfer di atasnya yang disebabkan oleh letak geografis tersebut. Gangguan pada salah satu sistem sirkulasi ini akan memberi dampak terhadap cuaca dan musim di Indonesia terutama terhadap curah hujan yang merupakan elemen cuaca dominan. Evaluasi yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika terhadap curah hujan menyatakan bahwa el nino mempunyai dampak yang paling buruk terhadap kehidupan masyarakat Indonesia. Sedangkan bila el nino kembali menjadi la nina pada musim kemarau Indonesia akan mengalami kemarau besar dan pada musim hujan terjadi hujan diatas normal yang sering disertai oleh bencana banjir dan longsor.



Gambar 4. Ilustrasi Dampak El Nino dan La Nina

## KONSEP BENCANA

UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menyebutkan definisi **bencana sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis**. Definisi tersebut menyebutkan bahwa bencana disebabkan oleh faktor alam, non alam, dan manusia. Oleh karena itu, Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tersebut juga mendefinisikan mengenai bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial. **Mileti (2001) mendefinisikan ketiga jenis bencana tersebut sebagai berikut :**

1. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
2. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
3. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan antarkelompok atau antar komunitas masyarakat, dan teror.

**Risiko bencana merupakan kemungkinan dari satu bencana yang terjadi sehingga menyebabkan tingkat kerugian yang khusus. Risiko perlu dikaji sehingga dapat menetapkan besarnya kerugian yang sudah diestimasi dan itu dapat diantisipasi di suatu wilayah.** Banyak ahli telah mengembangkan formulasi dalam menilai risiko bencana. Secara umum risiko bencana merupakan kombinasi dari bahaya dan kerentanan. Namun selain faktor tersebut, eksposur dan kemampuan individu maupun kelompok juga menjadi penentu dalam penilaian risiko (Carter, 1992; Davidson, 1997; Bollin, 2003; Wisner et al. 2004). Bencana dapat disebabkan oleh kejadian alam maupun oleh ulah manusia. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan bencana antara lain :

1. Bahaya. Bahaya alam adalah suatu peristiwa fisik yang berdampak pada masyarakat dan lingkungan mereka (Blaikie et al. 1994). Kekeringan merupakan bahaya berdasarkan parameter iklim regional. Dampak kekeringan bisa sama kerugiannya dengan bencana lainnya, namun kejadiannya lambat. Kekeringan sering menyebabkan bahaya sekunder seperti badai kelaparan, kebakaran hutan dan konflik sosial (Abbott, 1979).
2. Kerentanan. Kerentanan adalah tingkat dimana sebuah masyarakat, struktur, layanan atau daerah geografis yang berpotensi terganggu oleh dampak bahaya tertentu. Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial dan ekonomi (Carter, 1992). Kegiatan sumber daya alam dan manusia tergantung pada curah hujan dan kelembaban tanah, seperti lahan kering pertanian, peternakan, dan beberapa penggunaan air lingkungan adalah yang paling berisiko dari kekeringan. Kegiatan ini dapat mengalami dampak kekeringan yang berlangsung singkat.
3. Eksposur. Eksposur dapat didefinisikan sebagai total nilai elemen berisiko. Elemen risiko didefinisikan adalah populasi, perumahan, transportasi, kesehatan dan infrastruktur pendidikan, tenaga air dan pertanian yang terkena bahaya di daerah tertentu. Hal ini dinyatakan sebagai jumlah nyawa manusia dan nilai aset yang berpotensi dapat dipengaruhi oleh bahaya.
4. Kapasitas (capacity). Menurut Bollin et al. (2003) kapasitas adalah kekuatan dan sumber daya yang tersedia dalam suatu masyarakat atau organisasi yang dapat mengurangi tingkat risiko atau dampak dari bencana.

## KONSEP BENCANA KEKERINGAN

Kekeringan dapat didefinisikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan di bawah normal atau di bawah volume yang diharapkan untuk jangka waktu khusus (Red, 1995). Dampak dari bencana kekeringan ini muncul sebagai akibat dari kekurangan ketersediaan air yang mengakibatkan terjadinya perbedaan antara permintaan akan air (kebutuhan air) dengan persediaan air suatu wilayah. Maheswara (2004) menjelaskan bahwa kekeringan adalah keadaan kekurangan pasokan air pada suatu daerah dalam masa yang berkepanjangan (beberapa bulan hingga bertahun-tahun). Biasanya kejadian ini muncul bila suatu wilayah secara terus menerus mengalami curah hujan di bawah rata-rata. Musim kemarau yang panjang akan menyebabkan kekeringan karena cadangan air tanah akan habis akibat penguapan (evaporasi), transpirasi, ataupun penggunaan lain oleh manusia. **Kekeringan dapat menjadi bencana alam apabila mulai menyebabkan suatu wilayah kehilangan sumber pendapatan akibat gangguan pada pertanian dan ekosistem yang ditimbulkannya.** Dampak ekonomi dan ekologi kekeringan merupakan suatu proses sehingga batasan kekeringan dalam setiap bidang dapat berbeda.



**Gambar 5. Ilustrasi Bencana Kekeringan**

Jenis kekeringan berdasarkan penyebab dan dampak yang ditimbulkan, kekeringan diklasifikasikan sebagai kekeringan yang terjadi secara alamiah dan kekeringan akibat ulah manusia.

**Kekeringan alamiah dibedakan dalam 4 jenis kekeringan, yaitu :**

1. Kekeringan Meteorologis. Kekeringan yang berkaitan dengan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim di suatu kawasan. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan.
2. Kekeringan Hidrologis. Kekeringan yang berkaitan dengan kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan ini diukur berdasarkan elevasi muka air sungai, waduk, danau dan elevasi muka air tanah. Ada tenggang waktu mulai berkurangnya hujan sampai menurunnya elevasi air sungai, waduk, danau dan elevasi muka air tanah.

3. Kekeringan Agronomis. Kekeringan yang berhubungan dengan berkurangnya lengas tanah (kandungan air dalam tanah) setelah gejala kekeringan meteorologist, sehingga mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu pada wilayah yang luas.
4. Kekeringan Sosial Ekonomi. Kekeringan yang berkaitan dengan kondisi dimana pasokan komoditi ekonomi kurang dari kebutuhan normal akibat terjadinya kekeringan meteorologi, hidrologi dan agronomi (pertanian).

Adapun kekeringan akibat perilaku manusia utamanya disebabkan karena ketidaktaatan pada aturan yang ada. Kekeringan jenis ini dikenal dengan nama **Kekeringan Antropogenik, yang dapat dibedakan dalam 2 jenis, yaitu :**

1. Kebutuhan air lebih besar daripada pasokan yang direncanakan akibat ketidak taatan pengguna terhadap pola tanam/pola penggunaan air.
2. Kerusakan kawasan tangkapan air dan sumber-sumber air akibat perbuatan manusia.

**Penyebab kekeringan tidak hanya disebabkan oleh kurangnya curah hujan saja, tetapi ada beberapa faktor lain yang berpengaruh, antara lain :**

1. Faktor Meteorologi. Kekeringan yang disebabkan oleh faktor meteorologi merupakan ekspresi perbedaan presipitasi dari kondisi normal untuk suatu periode tertentu, karena itu faktor meteorologi bersifat spesifik wilayah sesuai dengan iklim normal di suatu wilayah.
2. Faktor Hidrologi. Pada saat ini kondisi hutan di Jawa Tengah cukup memprihatinkan dan pada tahun-tahun terakhir ini sering terjadi penjarahan hutan dan pemotongan pohon yang tidak terprogram, sehingga menyebabkan gundulnya tanah di daerah tangkapan air, hal ini menyebabkan bertambahnya koefisien run-off dan berkurangnya resapan air ke dalam tanah (infiltrasi). Kondisi ini sangat berpengaruh dengan berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah maka variabilitas aliran sungai akan meningkat dan pada musim kemarau berkurang pula debit air pada sungai-sungai sebagai sumber air yang menyebabkan kekeringan di hilir.
3. Faktor Agronomi. Kekurangan kelembaban tanah menyebabkan tanah tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu, karena itu apabila para petani tidak disiplin dan tidak patuh pada pelaksanaan Pola Tanam dan Tata Tanam yang telah disepakati dan merupakan salah satu dasar untuk perhitungan kebutuhan air, maka akan mempengaruhi efektifitas dan efisiensi pemberian air untuk tanaman.
4. Faktor Prasarana Sumberdaya Air. Kebutuhan akan air menuntut ketersediaan air yang lebih banyak pula, sedangkan air yang tersedia jumlahnya terbatas. Prasarana sumber daya air sebagai penampung air seperti waduk, embung dan lain-lain juga terbatas, disamping kondisi prasarana yang ada tersebut banyak juga yang rusak atau kapasitasnya menurun.
5. Faktor Penegakan Hukum. Kurangnya kesadaran masyarakat/aparat dan belum terlaksananya penegakan hukum secara tegas menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan bencana kekeringan yaitu pencurian air, perusakan sarana dan prasarana sumberdaya air sehingga mengakibatkan kesulitan pembagian air yang akhirnya menimbulkan kerugian serta konflik antar pengguna karena tidak terpenuhinya kebutuhan air.
6. Faktor Sosial Ekonomi. Tingkat sosial ekonomi masyarakat di sekitar sumber air mempengaruhi tingkat partisipasi dan handarbeni masyarakat akan pentingnya pelestarian sumberdaya air dan lingkungannya karena tata guna lahan yang tidak serasi (tidak sesuai Master Plan/Tata Ruang Wilayah) serta pemakaian air yang tidak efisien.

Penanganan bencana kekeringan dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan yaitu penanganan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Ketiga konsep penanganan tersebut perlu didetailkan untuk memperjelas implementasi di lapangan. **Penanganan dan penanggulangan bencana kekeringan ini harus disesuaikan dengan risiko dampak atau permasalahan yang mungkin terjadi sebagai akibat dari bencana kekeringan.** Hal ini berarti bahwa setiap upaya penanggulangan dan penanganan yang dilakukan harus sesuai dengan permasalahan yang timbul. Konsep ini identik dengan mekanisme perencanaan pembangunan secara umum. Kemudian untuk menunjang keberlanjutan penanganan kekeringan maka diperlukan upaya penerapan teknologi yang tepat guna dan ramah lingkungan. Upaya tersebut lebih menekankan pada penanganan jangka menengah dan jangka panjang.

**1. Metode Penanggulangan jangka pendek**

| Permasalahan Yang Timbul  | Alternatif Penanggulangan   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Timbulnya kekurangan air bersih untuk keperluan rumah tangga</li> <li>2. Timbulnya kesulitan ekonomi bagi keluarga miskin yang usahanya mengalami puso akibat kekeringan</li> <li>3. Timbulnya wabah penyakit akibat kekeringan, seperti: diare, campak, kulit dan cacar</li> <li>4. Menurunnya kualitas gizi balita di wilayah kekeringan</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memenuhi dengan segera kebutuhan air bersih bagi masyarakat untuk keperluan rumah tangga dengan dropping air bersih</li> <li>2. Memberi bantuan pangan/sembako untuk masyarakat miskin yang usahanya puso</li> <li>3. Membantu menanggulangi penyakit menular akibat kekeringan</li> <li>4. Membantu peningkatan gizi balita di wilayah kekeringan dengan membentuk pos dana tak tersangka (bencana) yang memadai.</li> </ol> |

**2. Metode Penanggulangan Jangka Menengah**

| Permasalahan Yang Timbul  | Alternatif Penanggulangan   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kuantitas sumber air kurang untuk menyuplai air bersih bagi masyarakat di musim kemarau</li> <li>2. Sarana dan prasarana penyedia air bersih, sehingga layanan air bersih bagi masyarakat kurang optimal</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan ketersediaan sumber air dengan pembangunan sumur gali, sumur pantek, sumur air tanah dalam, penampungan air hujan, terminal air, dan embung.</li> <li>2. Meningkatkan kualitas sarpras air bersih</li> <li>3. Melaksanakan kegiatan penelitian dalam rangka mencari potensi sumber-sumber air</li> </ol> |

**3. Metode Penanggulangan Jangka Panjang**

| Permasalahan Yang Timbul   | Alternatif Penanggulangan  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menurunnya debit sumber mata air</li> <li>2. Kualitas lingkungan hidup sekitar sumber mata air yang rusak</li> <li>3. Wilayah kawasan hutan rusak akibat penjarahan hutan</li> <li>4. Kawasan lahan kritis makin meluas</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reboisasi di wilayah sekitar sumber mata air</li> <li>2. Reboisasi kawasan sabuk hijau sekitar waduk</li> <li>3. Rehabilitasi dan konservasi tanah lahan kritis</li> <li>4. Pengelolaan hutan bersama masyarakat</li> <li>5. Pembangunan demplot sumur resapan di wilayah rawan kekeringan</li> <li>6. Pembangunan/pengembangan sistem IPA mini</li> <li>7. Bangunan Penunjang Ketersediaan Air</li> </ol> |

## KONSEP BENCANA KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN

Kebakaran hutan adalah suatu kejadian dimana api melalap bahan bakar bervegetasi yang terjadi di kawasan hutan yang menjalar secara bebas dan tidak terkendali. Berbeda dengan kebakaran hutan, jika api melalap bahan bakar bervegetasi yang menjalar secara bebas dan tidak terkendali di kawasan bukan hutan maka disebut kebakaran lahan. Kebakaran pada lahan pertanian juga sering terjadi di Indonesia, terutama pada lahan gambut. Kebakaran hutan dan lahan dikategorikan sebagai bencana karena menimbulkan kerugian, baik materiil maupun nonmateriil. Kebakaran hutan dan lahan dapat dikelompokkan pada tiga tipe yang didasarkan pada bahan bakar yang mendominasi kebakaran. Tiga tipe kebakaran (Syaufina 2008), yaitu :

1. Kebakaran bawah (Ground Fire): Kebakaran bawah yaitu situasi dimana api membakar bahan organik di bawah permukaan serasah. Penjalaran api yang perlahan dan tidak dipengaruhi oleh angin menyebabkan tipe kebakaran seperti ini sulit untuk dideteksi dan dikontrol. Kebakaran bawah adalah tipe kebakaran yang umum terjadi di lahan gambut.
2. Kebakaran permukaan (Surface fire) Kebakaran permukaan yaitu situasi dimana api membakar serasah, tumbuhan bawah, bekas limbah pembalakan dan bahan bakar lain yang terdapat di lantai hutan. Kebakaran permukaan adalah tipe kebakaran yang umum terjadi di semua tegakan hutan.
3. Kebakaran tajuk (Crown fire) Kebakaran tajuk yaitu situasi dimana api menjalar dari tajuk pohon satu ke tajuk pohon yang lain yang saling berdekatan. Kebakaran tajuk sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin. Kebakaran tajuk sering terjadi di tegakan hutan konifer dan api berasal dari kebakaran permukaan.

Kebakaran hutan oleh Brown dan Davis (1973) dalam Syaufina (2008) didefinisikan sebagai suatu proses pembakaran yang menyebar secara bebas dan mengkonsumsi bahan bakar hutan seperti serasah, rumput, humus, ranting, kayu mati, gulma, semak, dedaunan serta pohon-pohon besar untuk tingkat terbatas. Kebakaran adalah fenomena alam yang merupakan kebalikan dari proses fotosintesis (Brown dan Davis 1973). Proses kebakaran merupakan proses perombakan karbohidrat ( $C_6H_{12}O_6$ ) dan oksigen ( $O_2$ ) menjadi karbondioksida ( $CO_2$ ) dan uap air ( $H_2O$ ) Suatu kebakaran hutan dapat digambarkan sebagai segitiga api. Clar dan Chatten (1954) menjelaskan ada tiga unsur yang mempengaruhi terjadinya api yaitu bahan bakar, oksigen, dan sumber panas, yang apabila salah satu atau lebih dari sisi-sisinya tidak ada, maka kebakaran tidak terjadi atau kondisi sisi-sisi tersebut dalam keadaan lemah, maka kecepatan pembakaran semakin menurun, demikian juga dengan intensitas api atau kecepatan terlepasnya energi (panas).

Kebakaran bersumber pada segitiga sebab utama yaitu, faktor manusia yang disengaja, faktor manusia karena kecerobohan dan faktor alam (Adrianita, 2002). Menurut Chandler et al. (1983) lebih dari 90% kebakaran hutan dan lahan yang terjadi disebabkan oleh kelalaian manusia. **Menurut Yonathan (2006) faktor penyebab kebakaran hutan dan lahan pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:**

1. Faktor kesengajaan, seperti peladangan berpindah dalam skala besar, perburuan satwa liar dan tidak senang terhadap petugas kehutanan.
2. Faktor ketidaksengajaan, seperti bara dari kereta api, api dari pekerja hutan, api dari perkemahan dan api dari pembuatan arang.
3. Faktor alam, seperti api dari petir, api dari kawah gunung api dan cuaca kering dari panas.

## MITIGASI BENCANA

Mitigasi bencana adalah istilah yang digunakan untuk menunjuk pada tindakan untuk mengurangi dampak dari suatu bencana yang dapat dilakukan sebelum bencana itu terjadi, termasuk kesiapan dan tindakan-tindakan pengurangan resiko jangka panjang. **Mitigasi bencana merupakan sebuah kegiatan yang bertujuan sebagai upaya yang dilakukan pada tahap pra bencana yang didasari oleh kegiatan-kegiatan yang dilakukan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh bencana yang datang.** Dalam UU No. 24 Tahun 2007, usaha mitigasi dapat berupa pra bencana, saat bencana dan pasca bencana. Pra bencana berupa kesiapsiagaan atau upaya memberikan pemahaman pada penduduk untuk mengantisipasi bencana, melalui pemberian informasi, peningkatan kesiagaan kalau terjadi bencana ada langkah-langkah untuk memperkecil resiko bencana (Djauhari, 2014). Menurut Coppola, mitigasi dapat dilihat sebagai upaya berkelanjutan yang dilakukan untuk mengurangi resiko bencana melalui pengurangan kemungkinan dan komponen konsekuensi resiko bencana (Kusumasari, 2014). **Mitigasi bencana juga dapat didefinisikan sebagai berbagai macam tindakan yang dapat diambil untuk mengurangi kerentanan. Mitigasi bencana berarti pengurangan kerentanan manusia, sosial, dan fisik merupakan salah satu cara terbaik yang berkontribusi untuk rencana adaptasi perubahan iklim dan pembangunan berkelanjutan.**

Kegiatan mitigasi bencana memfokuskan perhatian pada pengurangan dampak dari ancaman sehingga akan mengurangi kemungkinan dampak negatif bencana. Kegiatan mitigasi bencana meliputi upaya-upaya peraturan dan pengaturan, pemberian sanksi dan penghargaan untuk mendorong perilaku yang tepat, dan upaya-upaya penyuluhan serta penyediaan informasi untuk mengurangi dampak dari suatu bencana (Kusumasari, 2014). Peraturan BNPB nomor 4 tahun 2008 Bab V tentang pilihan tindakan penanggulangan bencana merupakan bentuk upaya menanggulangi bencana yang dilakukan ketika adanya tanda-tanda bencana dan dapat mengancam. Segala bentuk kegiatan melalui upaya-upaya akan dilakukan untuk sistem pencegahan serta mitigasi akan dilakukan, dengan tujuan dapat menghindari atau dapat mengurangi resiko yang dihasilkan oleh bencana.

Berdasarkan berbagai pandangan tentang mitigasi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya yang dilakukan membatasi dan mengurangi resiko yang disebabkan dari bencana alam dengan melaksanakan pembangunan fisik serta kesadaran masyarakat dan pemerintah yang diwujudkan dalam peningkatan kemampuan untuk menghadapi ancaman bencana yang ada. Mitigasi bencana sangat diperlukan dalam membentuk komunitas yang siap menghadapi bencana. Pelaksanaan mitigasi bisa dikategorikan menjadi dua yaitu adanya mitigasi pasif dan mitigasi aktif. **Berikut merupakan pelaksanaan ataupun kegiatan dari pencegahan dalam kategori mitigasi pasif (non struktural):**

1. Penyusunan peraturan perundang-undangan.
2. Pembuatan peta rawan bencana dan pemetaan masalah.
3. Pembuatan pedoman/standar/prosedur.
4. Pembuatan brosur/leaflet/poster.
5. Penelitian/pengkajian karakteristik bencana.
6. Pengkajian/analisis risiko bencana.
7. Internalisasi PB dalam muatan lokal penelitian.
8. Pembentukan organisasi atau satuan gugus bencana.
9. Perkuatan unit-unit social dalam masyarakat, seperti forum.
10. Pengarus-utamaan PB dalam perencanaan pembangunan.

**Kategori selanjutnya adalah pelaksanaan atau tindakan pencegahan dalam kategori mitigasi aktif (struktural):**

1. Pembuatan dan penetapan tanda-tanda peringatan, bahaya, larangan memasuki daerah rawan bencana dan sebagainya.
2. Pengawasan terhadap pelaksanaan berbagai peraturan tentang penataan ruang, ijin mendirikan bangunan (IMB), dan peraturan lain yang berkaitan dengan pencegahan bencana.
3. Pelatihan dasar kebencanaan bagi aparat dan masyarakat.
4. Pemindahan penduduk dari daerah yang rawan bencana ke daerah yang lebih aman.
5. Penyuluhan dan peningkatan kewaspadaan masyarakat.
6. Perencanaan daerah penampungan sementara dan jalur-jalur evakuasi jika terjadi bencana.
7. Pembuatan bangunan struktur yang berfungsi untuk mencegah, mengamankan dan mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana, seperti: tanggul, dam, penahan erosi pantai, bangunan tahan gempa dan sejenisnya.

**Pencegahan melalui pelaksanaan mitigasi merupakan langkah-langkah keberlanjutan yang disengaja, dilaksanakan, baik sebelum terjadi bencana untuk menghindari atau mengurangi dampak dari bahaya dan bencana yang akan datang. Hal ini berarti bahwa mitigasi bencana telah dilaksanakan sebelum bencana benar-benar terjadi.** Prinsip yang digunakan dalam langkah-langkah tindakan mitigasi sebelum bencana terjadi adalah mencegah dampak atau mencegah bencana terjadi, serta mengurangi risiko-risiko yang akan terjadi jika bencana benar-benar datang. Ada 2 bentuk mitigasi, yaitu mitigasi structural berupa pembangunan infrastruktur untuk meminimalisasi dampak, dan mitigasi non-struktural berupa penyusunan berbagai peraturan, pengelolaan tata ruang, dan pelatihan. Dalam Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana pada pasal 2 dilakukan sejumlah prinsip penanggulangannya yaitu :

1. Cepat dan tepat
2. Prioritas
3. Koordinasi dan keterpaduan
4. Berdaya guna dan berhasil guna
5. Transparansi dan akuntabilitas
6. Kemitraan
7. Pemberdayaan
8. Non diskriminatif
9. No proletisi

Dari isi undang-undang diatas mengatur pemerintah untuk melakukan penanggulangan sesuai dengan prinsip-prinsip yang sudah tertera di dalam undang-undang tersebut. Pelayanan mitigasi bencana yang dilakukan oleh pemerintah harus mencakup kebutuhan untuk dapat menanggulangi bencana. Mitigasi perlu diperhatikan dengan baik agar pemerintah mampu menjalankan kegiatan pra bencana tersebut dengan baik untuk pengurangan resiko bencana yang nantinya ketika bencana tersebut datang dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh bencana tersebut.

**Dalam penyelenggaraan mitigasi bencana, terdapat beberapa aspek yang dapat dilayani. Hendra dan Mc bean (2004) menjelaskan ada 4 aspek yang dapat dilayani, antara lain :**

1. Penilaian Dan Monitoring Bahaya. Dalam aspek ini dilakukan identifikasi bahaya, penilaian kerentanan dan analisis risiko.



2. Perencanaan. Dalam aspek ini dilakukan perencanaan secara terpadu, penegakan aturan perundang-undangan dan aturan dibawahnya, pemberian sanksi yang tegas dan berat.
3. Prediksi Dan System Peringatan. Dalam aspek ini, dilakukan pemberian informasi, estimasi, diseminasi BMG.
4. Pendidikan Dan Penelitian Publik. Dalam aspek ini dilakukan penyadaran terhadap stakeholder, menjalin kemitraan, pemberian fasilitas riset dan pengembangan, serta publikasi hasil riset untuk memantapkan langkah-langkah mitigasi bencana.

Empat aspek pelayanan mitigasi bencana tersebut sangat penting untuk upaya meminimalisir resiko datangnya bencana agar mampu mengurangi dampak bencana yang datang. Dengan adanya aspek tersebut dapat membuat strategi dalam mitigasi bencana yang meliputi program atau kegiatan dari pemerintah dalam upaya pencegahan saat pra bencana. Berdasarkan empat aspek tersebut, dapat dikembangkan berbagai program yang dapat dilakukan sebagai bentuk mitigasi bencana.

**Hasil-hasil riset ilmiah menguatkan hal-hal yang dapat dilakukan sebagai bentuk mitigasi bencana.** Prasetyo (2019) melaksanakan penelitian tentang Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi Menggunakan *NDVI Autocorrelation* dan *EVI Autocorrelation* Untuk Penentuan Indeks Risiko Bencana Kekeringan dan Kebakaran Lahan Kecamatan di Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini menghasilkan beberapa hal. Analisis Spatial Autocorrelation, khususnya Global Moran's dan Local Moran's pada data indeks vegetasi NDVI, SAVI, CSI dan NBR dapat digunakan sebagai indikator terhadap terjadinya kekeringan dan potensi kebakaran lahan. Eksperimen dengan Citra LANDSAT 8 OLI di TNGM dan TNGMb dengan wilayah observasi 234 desa menunjukkan bahwa rerata berada pada klas 4 termasuk klasifikasi kehijauan sedang. Kehijauan sedang diinterpretasikan bahwa wilayah studi ditumbuhi padang rumput, semak belukar, daerah tandus, berpasir, berbatu dan rendahnya populasi vegetasi berkanopi yang menunjukkan wilayah seputaran puncak gunung. Sebagian wilayah dalam klasifikasi kehijauan sedang memiliki jenis ekosistem hutan dan ekosistem ladang. Ekosistem ladang adalah ekosistem buatan yang berdekatan dengan perkampungan dan didominasi tanaman palawija seperti ketela, cabai merah, jagung.

Wilayah dengan lahan tadah hujan, akan menumbuhkan vegetasi dengan cepat pada saat hujan pertama, lahan irigasi semi teknis atau irigasi teknis vegetasi tumbuh secara stabil. Indikator NDWI merepresentasikan wilayah studi memiliki vegetasi dengan kandungan air relatif lebih rendah, artinya vegetasi dalam keadaan rusak, hanya terdapat vegetasi berupa semak belukar. Analisis SAVI menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan fotosintesis pada kanopi vegetasi secara spasial memiliki korelasi positif dengan kanopi vegetasi di populasi sekitarnya. Analisis VHI menunjukkan bahwa berdasarkan pada parameter indeks luas daun, kemampuan fotosintesis berdasarkan pada chlorophyll daun dan kandungan air pada daun kanopi menunjukkan bahwa wilayah studi memenuhi klasifikasi kekeringan moderat dan parah.

Hasil analisis NDWI dan SAVI menguatkan kesimpulan tersebut bahwa wilayah studi memiliki kemampuan fotosintesis rendah, kandungan air pada daun kanopi vegetasi yang rendah, tingkat stress akibat kelembaban udara rendah serta suhu udara kanopi vegetasi lebih tinggi. Data menunjukkan mulai tahun 2014 konektivitas spasial kekeringan yang menunjukkan pertambahan luas dari tahun sebelumnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi analisis *Spatial Autocorrelation* dapat digunakan sebagai metode baku untuk penentuan klasifikasi Potensial kekeringan pada wilayah kecamatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis kekeringan dengan metode SPI berada pada kisaran nilai antara -1 sampai dengan 1 yang diinterpretasikan sebagai kondisi kekeringan moderat sampai dengan mendekati kondisi normal. Analisis persebaran kekeringan menggunakan metode IDW menunjukkan persebaran kekeringan di wilayah studi meluas pada musim kemarau (bulan Juni dan Oktober) dan menurun pada musim hujan (Februari dan November), meskipun di beberapa wilayah kecamatan terjadi kekeringan baik pada musim kemarau maupun musim penghujan.

Klasifikasi wilayah potensial kekeringan berdasarkan pada data indeks vegetasi yang dianalisis menggunakan *Global G* menunjukkan potensi kekeringan yang mana antar wilayah saling berkorelasi secara spasial membentuk pola spasial yang memusat.

#### Indeks Vegetasi dan Status Kekeringan Kecamatan di Kab.Boyolali dan Kab. Semarang

| No | Nama Kecamatan | Kehijauan (NDVI) | Konten Air (NDWI) | Fotosintesis (SAVI) | Kesehatan Vegetasi (VHI) | Global G |
|----|----------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|----------|
| 1  | Simo           | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 2  | Klego          | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 3  | Kemusu         | Sedang           | Rendah            | Rendah              | Moderat                  | Hotspot  |
| 4  | Andong         | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 5  | Cepogo         | Rendah           | Rendah            | Rendah              | Moderat                  | Hotspot  |
| 6  | Juwangi        | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 7  | Selo           | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 8  | Mojosongo      | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 9  | Ngemplak       | Sedang           | Rendah            | Rendah              | Moderat                  | Hotspot  |
| 10 | Musuk          | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 11 | Boyolali       | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 12 | Wonosegoro     | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 13 | Ampel          | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 14 | Teras          | Sedang           | Rendah            | Rendah              | Parah                    | Hotspot  |
| 15 | Karanggede     | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 16 | Nogosari       | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 17 | Banyudono      | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 18 | Sawit          | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 19 | Sambi          | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 20 | Tengaran       | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 21 | Ambarawa       | Sedang           | Rendah            | Rendah              | Parah                    | Hotspot  |
| 22 | Suruh          | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 23 | Tuntang        | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 24 | Bawen          | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 25 | Somowono       | Tinggi           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 26 | Bringin        | Sedang           | Rendah            | Sedang              | Moderat                  | Hotspot  |
| 27 | Getasan        | Rendah           | Rendah            | Rendah              | Moderat                  | Hotspot  |
| 28 | Pabelan        | Sedang           | Rendah            | Rendah              | Moderat                  | Hotspot  |

Penelitian lain yang dilakukan terkait dengan mitigasi bencana kekeringan dilakukan oleh Handono (2018) yang melaksanakan penelitian tentang Mitigasi Bencana kekeringan di Desa Watubonang, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo. Kabupaten Sukoharjo merupakan salah satu daerah di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki resiko kekeringan yang tinggi berdasarkan indeks risiko bencana kekeringan Jawa Tengah dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2010). Kekeringan yang terjadi mengakibatkan dampak yang begitu buruk terutama pada bidang pertanian, kekeringan pertanian di Kabupaten Sukoharjo masuk dalam kawasan rawan bencana kekeringan. Bencana kekeringan yang melanda kabupaten Sukoharjo ini terjadi pada tiga Kecamatan yaitu Kecamatan Weru, Kecamatan Tawang Sari, dan Kecamatan Bulu, ketiga daerah tersebut setiap tahun mengalami bencana kekeringan terutama pada musim kemarau. Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Bentuk-bentuk mitigasi struktural bencana kekeringan di Desa Watubonang, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo kegiatan droping air dalam tangki, penampungan air hujan, bekerjasama dengan PDAM, menyambungkan pipa dari bak penampungan yang dialirkan ke sumber air, program PAMSIMAS, reboisasi, dan pembuatan sumur bor/sumur buatan.
2. Mitigasi nonstruktural bencana kekeringan di Desa Watubonang, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo dilaksanakan melalui kebijakan PAMSIMAS dan kebijakan droping air yang dilaksanakan PDAM di titik-titik rawan kekeringan. Dalam pelaksanaan kegiatan ini, pemerintah Desa Watubonang mengadakan peninjauan langsung ke wilayah-wilayah yang mengalami kekeringan, kemudian pemerintah Desa Watubonang dengan dibantu PDAM mendistribusikan air bersih kewilayah tersebut.
3. Tingkat pengetahuan Organisasi Penanggulangan Bencana Kekeringan di Desa Watubonang, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo adalah bahwa latar belakang pendidikan akan sangat memengaruhi kinerja individu. Rata-rata sumber daya manusia di pemerintah Desa Watubonang bukan berlatar belakang pada pendidikan geologi atau geografi yang lebih menyangkut pada kegiatan penanggulangan bencana, tetapi justru berasal dari berbagai disiplin ilmu seperti: Sosial, Ekonomi, Pendidikan, dan Teknik.

Hastuti, Sarwono dan Muryani juga melakukan penelitian tentang Mitigasi, Kesiapsiagaan, dan Adaptasi Masyarakat terhadap Bahaya Kekeringan Kabupaten Grobogan. Terkait dengan mitigasi bencana kekeringan, hasil penelitian ini menjelaskan bahwa Mitigasi kekeringan di Kabupaten Grobogan dilakukan masyarakat dan pemerintah dengan embung, sumur resapan, sumur bor, pembuatan tandon air, reboisasi, serta perbaikan saluran irigasi. Pemerintah juga melakukan penyuluhan tentang mitigasi kekeringan serta pelaksanaan program sanitasi masyarakat (Pamsimas). Kesiapsiagaan dalam menghadapi kekeringan dilakukan masyarakat dengan membuat tandon air pribadi untuk menampung air saat musim kemarau, memperdalam sumur, serta menyiapkan dana khusus untuk menghadapi kekeringan. Pemerintah melakukan kesiapsiagaan dengan mengalokasikan dana untuk pemberian bantuan air bersih kepada masyarakat saat terjadi kekeringan. Pemerintah juga melakukan sosialisasi kesiapsiagaan dalam menghadapi kekeringan. Sebagai implementasi dalam bidang pendidikan, penelitian ini kemudian diimplementasikan dalam modul pembelajaran berupa modul pembelajaran kontekstual mitigasi dan strategi adaptasi kekeringan yang dapat digunakan dalam pembelajaran materi mitigasi bencana dikelas X semester 2 kurikulum 2013.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disusun sebuah perencanaan mitigasi bencana kekeringan yang secara umum dapat diimplementasikan di Jawa Tengah, khususnya wilayah Kabupaten Boyolali, Kabupaten Semarang dan sekitarnya. Adapun perencanaan mitigasi dibuat berdasarkan pada aspek-aspek layanan mitigasi bencana yang disajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

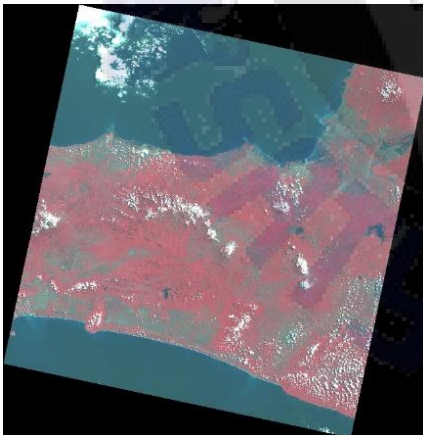
| Aspek Layanan                    | Program Aksi  |
|----------------------------------|---|
| Penilaian Dan Monitoring Bahaya  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifikasi bahaya kekeringan dan kebakaran lahan melalui metode yang mudah digunakan dan data yang mudah diperoleh</li> <li>2. Penilaian kerentanan lahan terhadap bahaya kekeringan dan kebakaran lahan secara akurat dan analitis</li> <li>3. Analisis risiko yang komprehensif, baik risiko yang berdampak langsung maupun risiko yang berdampak tidak langsung ketika terjadi bencana</li> </ol>  |
| Perencanaan                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perencanaan secara terpadu untuk setiap tindakan yang akan dilakukan sebagai tindakan pencegahan bencana, tindakan penanganan bencana, dan pemulihan lingkungan pasca bencana</li> <li>2. Penegakan aturan perundang-undangan dan aturan dibawahnya untuk mengurangi risiko terjadinya bencana akibat kelalaian atau kesengajaan manusia yang melakukan tindakan yang memicu terjadinya bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>3. Pemberian sanksi yang tegas dan sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk setiap pelaku tindakan pelanggaran hukum</li> </ol>   |
| Prediksi dan sistem peringatan   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemberian informasi terkait risiko terjadinya bencana kekeringan dan kebakaran lahan melalui berbagai media yang menjangkau semua pihak yang mungkin terlibat jika bencana terjadi</li> <li>2. Estimasi waktu dan skala terjadinya bencana kekeringan yang dilakukan dengan metode dan data yang terpercaya dan dapat diandalkan</li> <li>3. Diseminasi BMG kepada semua pihak yang mungkin terkait jika bencana kekeringan dan kebakaran lahan terjadi, mulai dari kalangan petani dan masyarakat, hingga pembuat kebijakan</li> </ol>   |
| Pendidikan dan penelitian publik | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penyadaran terhadap stakeholder tentang pemicu, penyebab, dan dampak yang mungkin terjadi jika bencana kekeringan dan kebakaran lahan terjadi, baik dampak jangka pendek maupun jangka panjangnya</li> <li>2. Menjalin kemitraan dengan berbagai pihak untuk mewujudkan kerjasama dalam pelaksanaan semua tahapan mitigasi bencana, mulai dari pencegahan hingga penanganan bencana yang mungkin terjadi</li> <li>3. Pemberian fasilitas riset dan pengembangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian dan pengembangan yang menghasilkan produk yang bermanfaat dalam proses pelaksanaan mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan</li> <li>4. Publikasi hasil riset dan pengembangan untuk memicu tindakan preventif dan pengembangan berikutnya</li> </ol> |

## PENGUNAAN PRODUK PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INFORMASI

Dalam melaksanakan mitigasi bencana kekeringan dan kebakaran lahan, informasi awal sangat penting artinya sebagai dasar dalam menentukan strategi-strategi mitigasi bencana. Informasi yang diperoleh melalui satelit memungkinkan untuk melakukan analisis situasi dan kondisi kewilayahan yang lebih luas. Salah satu sumber informasi yang dapat digunakan adalah dengan mengakses data satelit yang telah tersedia, tentunya dengan dibantu produk pengembangan teknologi informasi dan komunikasi. Produk ini dapat berupa aplikasi yang mampu membantu menginterpretasi data dan informasi sehingga dapat dipahami dan digunakan dalam pengambilan keputusan terkait mitigasi bencana. Salah satu aplikasi yang merupakan produk pengembangan teknologi informasi dan komunikasi adalah Aplikasi Satellite Imagery for Modeling Index of Aridity (SIMIA).

SIMIA merupakan aplikasi sistem informasi geografis untuk analisis kekeringan dan berbagai faktor dampaknya menggunakan data indeks vegetasi yang diekstraksi dari citra LANDSAT 8 OLI. Penginderaan jauh LANDSAT 8 OLI adalah pengetahuan untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat bantu tanpa harus melalui proses kontak langsung. Data hasil perekaman objek, daerah atau fenomena diolah oleh satelit untuk menghasilkan informasi dalam format tertentu yang siap pakai disebut dengan citra. Penggunaan citra LANDSAT 8 karena menghasilkan citra yang berkualitas tinggi, memiliki cakupan seluruh dunia dan akan memperbaharui citra pada wilayah yang sama setiap 16 hari. Citra ini disediakan oleh United States Geological Service (USGS) untuk penggunaan umum. Citra Landsat 8 OLI memiliki kombinasi band yang bersifat kasat mata (visible) yaitu merah, hijau, biru, serta beberapa band infra merah dan panas (thermal).

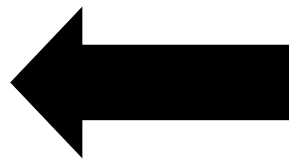
Kombinasi warna atau komposit citra satelit LANDSAT 8 OLI pada wilayah observasi yaitu Provinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut ini :



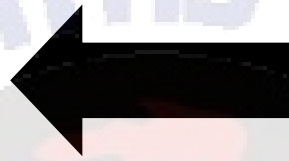
**Gambar 6.** Kombinasi kanal 543 menghasilkan visualisasi citra berwarna dekat infra merah (*near infra red*). Citra ini digunakan untuk melihat perbedaan jenis vegetasi di wilayah daratan. Kombinasi kanal ini disebut sebagai kanal infra merah.



**Gambar 7.** Kombinasi kanal 432 menghasilkan visualisasi citra warna sebenarnya (*true color*). Citra ini digunakan untuk menganalisis habitat perairan. Kombinasi kanal ini disebut sebagai kanal *true color*.



Gambar 8. Kombinasi kanal 654 menghasilkan visualisasi citra warna tidak sebenarnya (*false color*). Citra ini digunakan untuk menganalisis berbagai perbedaan vegetasi dan pertanian

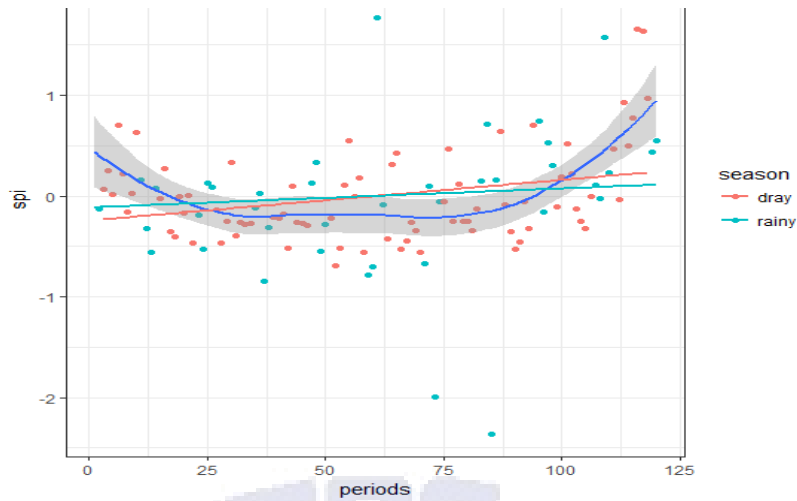


Gambar 9. Kombinasi kanal 764 menghasilkan visualisasi citra warna tidak sebenarnya (*false color*). Citra ini digunakan untuk menganalisis berbagai perbedaan vegetasi dan pertanian



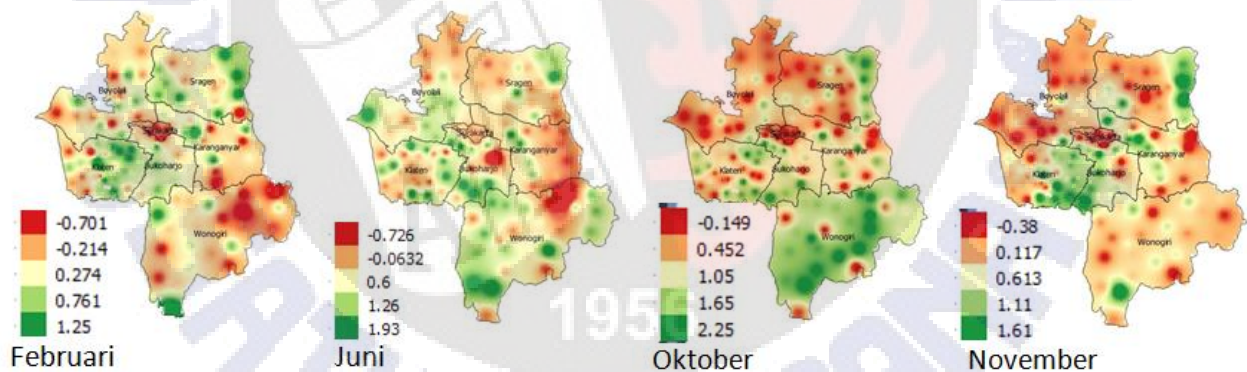
Gambar 10. Kombinasi kanal 753 menghasilkan visualisasi citra warna tidak sebenarnya (*false color*). Citra ini digunakan untuk menganalisis berbagai perbedaan vegetasi dan pertanian

SIMIA juga menghasilkan analisis dan interpretasi kekeringan menggunakan SPI serta analisis dan interpretasi kekeringan menggunakan indeks vegetasi. Analisis tingkat kekeringan wilayah dilakukan dengan menggunakan metode SPI. SPI merupakan indeks kekeringan yang digunakan untuk mengukur defisit hujan jangka pendek, misalnya 3 bulanan. Meskipun hasil pengukuran SPI tunggal tidak selalu sesuai dengan kondisi kekeringan terjadi khususnya tingkat akurasi namun hingga saat ini masih menjadi indikator utama kekeringan (Zambrano *et al.*, 2016). Nilai hasil observasi SPI di wilayah Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Semarang adalah sebagaimana disajikan pada Gambar 11. Pada Gambar 11, dapat dilihat bahwa SPI antara 2001-2010 berada pada nilai -1 sampai dengan 1 yang berarti dalam kondisi kekeringan moderat sampai dengan mendekati kondisi normal (Zambrano *et al.*, 2016) (Caparrini and Manzella, 2008) (Winkler, Gessner and Hochschild, 2017).



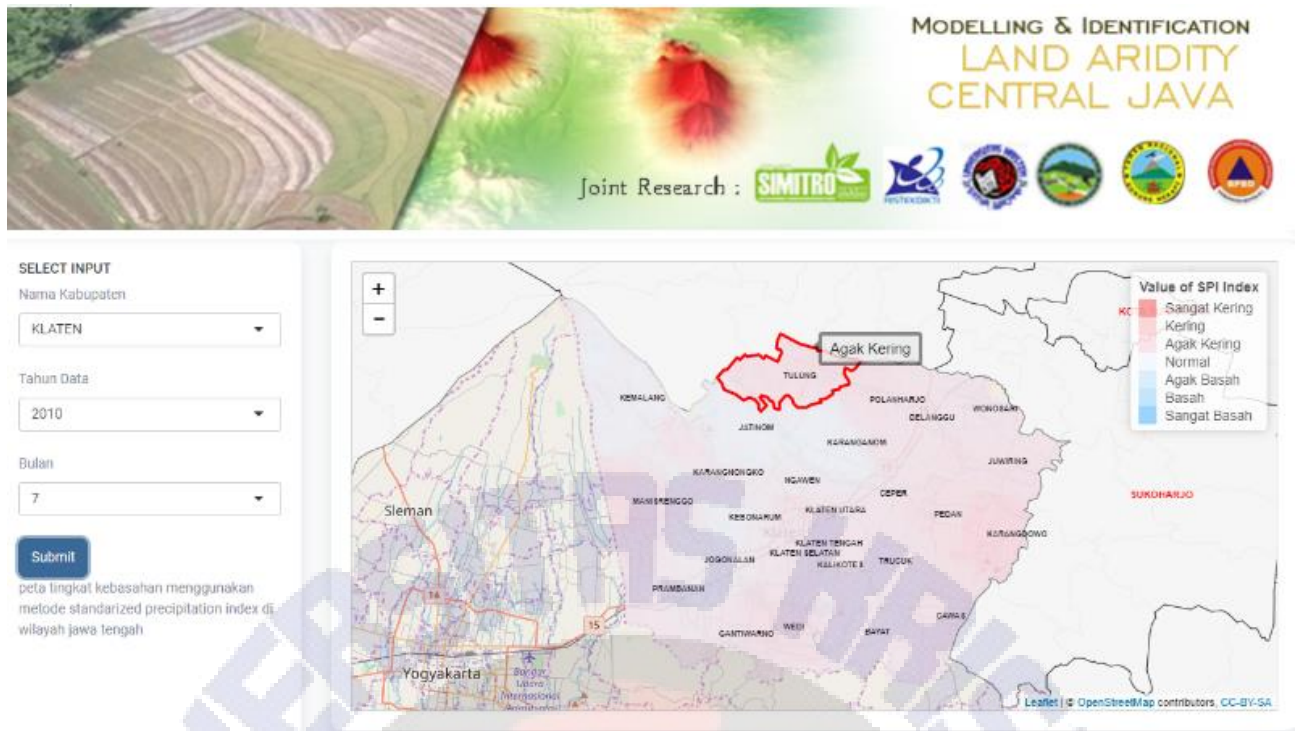
**Gambar 11. Trend Tingkat Kekeringan Berdasarkan SPI di Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Semarang.**

Kekeringan cenderung terjadi ketika musim kemarau tiba dan melihat trend terlihat peningkatan kekeringan secara signifikan. Hasil analisis SPI diinterpolasikan menggunakan metode Inverse Distance weight (IDW). IDW merupakan teknik interpolasi deterministik karena ditentukan berdasarkan nilai terukur di sekitarnya, yang mana dikembangkandengan model statistik yang menggabungkan autokorelasi(Fathian and Aliyari, 2016). Berdasarkan pada hasil analisis yang disajikan pada Gambar 6, selanjutnya dipilih tahun 2010 sebagai wilayah yang memiliki tingkat kekeringan tertinggi yaitu > 1.5. Hasil analisis IDW pada musim kemarau yaitu bulan Juni dan Oktober 2010 dan musim penghujan pada bulan Februari dan November 2010 disajikan pada Gambar 12.



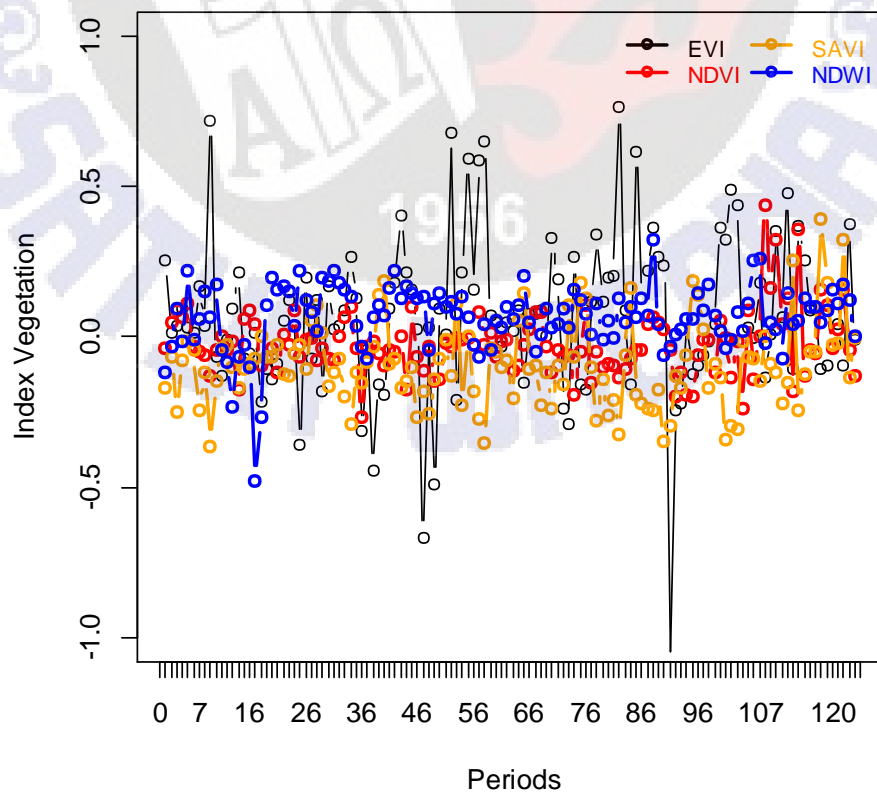
**Gambar 12. Distribusi Hujan di Wilayah Studi pada Musim Kemarau (Juni Dan Oktober) dan Musim Hujan (Februari dan November).**

Gambar 12. menunjukkan persebaran kekeringan di wilayah studi meluas pada musim kemarau (bulan Juni dan Oktober) dan menurun pada musim hujan (Februari dan November). Namun demikian di beberapa wilayah kecamatan setiap kabupaten terjadi kekeringan baik pada musim kemarau maupun musim penghujan. Aplikasi model kekeringan juga dapat dibangun dengan Shiny R Studio. Gambar 13. adalah tampilan aplikasi model yang dibangun dengan Shiny R Studio, berikut ini :



**Gambar 13. Aplikasi Model Kekeringan SPI yang Dibangun dengan Shiny R Studio**

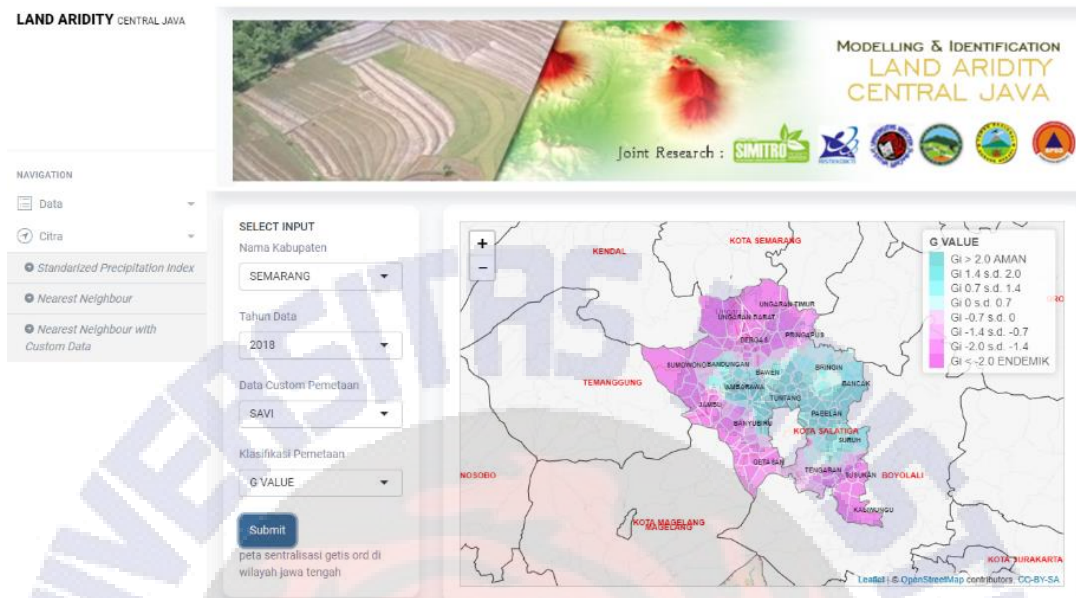
Analisis dan Interpretasi Index Vegetasi merupakan pengembangan dari SIMIA. Indeks vegetasi EVI, SAVI, NDVI dan NDWI merupakan indikator yang digunakan untuk menilai kondisi vegetasi dalam hubungannya dengan kekeringan wilayah yang luas (Chen *et al.*, 2016)(Gu *et al.*, 2007). Hasil analisis menggunakan SIMIA menunjukkan bahwa indeks vegetasi di wilayah Kabupaten Semarang dan Kabupaten Boyolali berada pada kisaran nilai  $<0.5$ . Dari 124 periode observasi kurang dari 25% menunjukkan nilai indeks vegetasi mendekati 1.0. sebagaimana Gambar 14 berikut ini :



**Gambar 14. Distribusi Indeks Vegetasi EVI, SAVI, NDVI dan NDWI**



Kisaran indeks vegetasi (IV) dengan kisaran  $0.5 < IV < 1.0$  direpresentasikan sebagai wilayah bervegetasi yang tidak berkanopi seperti rerumputan, semak dan semakin kecil menunjukkan wilayah tandus (Min *et al.*, 2016). Dilihat dari tataguna lahan wilayah studi berada di Jawa Tengah dengan proporsi 70% lahan bukan sebagai lahan sawah. Gambar 15. adalah aplikasi model analisis indeks vegetasi SAVI yang dibangun menggunakan Shiny R Studio berikut ini :



**Gambar 15. Aplikasi Model Kekeringan SAVI yang Dibangun dengan Shiny R Studio.**