

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan menjelaskan tentang konsep teoritis yang menunjang penelitian dengan judul “Pemodelan Spasial Bahaya Bencana Kekeringan Meteorologis pada Lahan Pertanian di Indonesia”. Konsep teoritis ini diambil dari sejumlah literatur/referensi yang relevan.

#### **2.1 Bencana**

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis [12]. 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 [13]. Pengertian bencana alam sangat luas, termasuk diantaranya kemarau atau musim hujan yang berkepanjangan, musim dingin atau bentuk cuaca ekstrem lainnya [14].

Bencana buatan manusia (*Man-Made Disasters*) adalah bencana yang berasal benar-benar dari kegiatan manusia itu sendiri yang dikarenakan kesalahan (*human error*), kelalaian (*human negligence*) atau memang berasal dari suatu niat tertentu seperti terorisme dengan maksud menyebarkan ketakutan diantara penduduk. Bencana akibat kesalahan dan/atau kelalaian manusia [14] antara lain:

1. Kebakaran hutan;
2. Ambruknya bendungan;
3. Banjir bandang karena adanya penggundulan hutan;
4. Kebocoran pipa pada pabrik petrokimia;
5. Kebakaran pada kompleks pabrik petrokimia;
6. Dan lain sebagainya.

## 2.2 Bahaya (*Hazard*)

Bahaya (*hazard*) adalah suatu fenomena fisik atau aktivitas manusia yang berpotensi merusak, sehingga dapat menyebabkan hilangnya nyawa atau cedera, kerusakan harta-benda, gangguan sosial dan ekonomi dan/atau kerusakan lingkungan [11]. Bahaya dapat didefinisikan sebagai situasi, kondisi, atau karakteristik geografis, klimatologis, biologis, sosial, ekonomi, politik, dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang berpotensi menimbulkan korban dan kerusakan [12].

Terkait dengan bahaya bencana maka perlu dilakukan pemetaan. Peta bahaya menunjukkan/memvisualisasikan wilayah dimana peristiwa alam tertentu terjadi dengan frekuensi dan intensitas tertentu, tergantung pada kerentanan dan kapasitas daerah tersebut, yang dapat menyebabkan bencana. Untuk sebagian besar bencana, intensitas tinggi hanya terjadi dengan frekuensi sangat rendah (bencana "kecil" terjadi lebih sering daripada bencana "besar") [11].

Pembuatan peta bahaya bencana dapat dilakukan dengan melakukan klasifikasi dan pembobotan pada masing-masing kelas bahaya. Pembobotan untuk mendapatkan klasifikasi bahaya kekeringan didasarkan pada Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012, yang tersaji pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bobot Kelas Bahaya Kekeringan  
(Sumber: Perka BNPB Nomor 2 Tahun 2012)

Zona Bahaya	Kelas	Nilai	Bobot	Skor
Sangat Rendah, Rendah	Rendah	1	100	0.333333
Sedang	Sedang	2		0.666667
Tinggi, Sangat Tinggi	Tinggi	3		1.000000

### 2.3 Curah Hujan

Curah Hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Unsur hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu milimeter atau tertampung air hujan sebanyak satu liter. Permulaan Musim Kemarau ditetapkan berdasarkan jumlah curah hujan dalam satu dasarian (10 hari) kurang dari 50 milimeter dan diikuti oleh beberapa Dasarian berikutnya [34]. Ambang batas nilai yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan sebagai berikut [35] :

1. 0 mm/hari : Berawan
2. 0.5 – 20 mm/hari : Hujan ringan
3. 20 – 50 mm/hari : Hujan sedang
4. 50 – 100 mm/hari : Hujan lebat
5. 10 – 150 mm/hari : Hujan sangat lebat
6. >150 mm / hari : Hujan ekstrim

### 2.4 Kekeringan

Kekeringan merupakan salah satu jenis bencana alam yang terjadi secara perlahan (*slow on-set*) dengan durasi sampai musim hujan tiba, serta berdampak sangat luas dan bersifat lintas sektor (ekonomi, sosial, kesehatan, dan pendidikan) [4]. Konsekuensi dari bencana ini ialah kekurangan air, kerusakan sumber daya ekologi, berkurangnya produksi pertanian yang dapat mengakibatkan terjadinya kelaparan, dan korban jiwa [3]. Kekeringan dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik dan dampak yang ditimbulkan. Secara spesifik terdapat empat tipe kekeringan, yaitu:

1. Kekeringan Meteorologi

Kekeringan meteorologi mengacu pada kurangnya intensitas curah hujan apabila dibandingkan dengan kondisi rata-rata yang terjadi, dalam periode waktu yang lama. Intensitas kekeringan menurut definisi meteorologi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Intensitas Kekeringan Meteorologi  
(Sumber: Buku Risiko Bencana Indonesia)

No.	Intensitas Kekeringan Meteorologi	Curah Hujan
1	Kering	70% -85% dari normal
2	Sangat kering	50% -70% dari normal
3	Amat sangat kering	<50% dari normal

## 2. Kekeringan Pertanian

Kekeringan pertanian didefinisikan sebagai penurunan ketersediaan kelembaban tanah di bawah level optimal yang diperlukan oleh tanaman untuk setiap tahap pertumbuhannya yang dapat mengurangi hasil panen. Intensitas kekeringan menurut definisi pertanian dinilai berdasarkan presentase luas daun yang kering untuk tanaman padi. Intensitas kekeringan pertanian ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Intensitas Kekeringan Pertanian  
(Sumber: Buku Risiko Bencana Indonesia)

No.	Intensitas Kekeringan Pertanian	Intensitas Daun Kering
1	Kering	¼ daun kering dimulai dari bagian ujung daun
2	Sangat kering	¼ - 2/3 daun kering dimulai dari bagian ujung daun
3	Amat sangat kering	Semua bagian daun kering

### 3. Kekeringan Hidrologi

Kekeringan yang terjadi ketika menurunnya ketersediaan air di permukaan dan bawah tanah akibat berkurangnya curah hujan yang ditandai dengan berkurangnya secara signifikan aliran air permukaan hingga mencapai kondisi di bawah normal atau terhentinya pengisian air tanah. Intensitas kekeringan menurut definisi hidrologi ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Intensitas Kekeringan Hidrologi  
(Sumber: Buku Risiko Bencana Indonesia)

No.	Intensitas Kekeringan Hidrologi	Debit air sungai
1	Kering	Mencapai periode ulang aliran periode 5 tahunan
2	Sangat kering	Mencapai periode ulang aliran jauh di bawah periode 25 tahunan
3	Amat sangat kering	Mencapai periode ulang aliran amat jauh di bawah periode 50 tahunan

### 4. Kekeringan Sosial-Ekonomi

Kekeringan jenis ini terjadi bila terdapat gangguan pada aktivitas manusia akibat menurunnya curah hujan dan ketersediaan air. Bentuk kekeringan sosial-ekonomi menghubungkan aktivitas manusia dengan elemen-elemen dari kekeringan meteorologi, pertanian, dan hidrologi. Penentuan intensitas kekeringan menurut definisi sosial-ekonomi ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Intensitas Kekeringan Sosial-Ekonomi  
(Sumber: Buku Risiko Bencana Indonesia)

No.	Kategori	Ketersediaan Air (Lt/orang/hari)	Pemenuhan kebutuhan untuk	Jarak ke sumber air (Km)
-----	----------	----------------------------------	---------------------------	--------------------------

1	Kering (langka terbatas)	>30 - <60	Minum, masak, cuci alat masak/makan, mandi terbatas	0,1 – 0,5
2	Sangat kering (langka)	>10 - <30	Minum, masak, cuci alat masak/makan	0,5 - 3
3	Amat sangat kering (kritis)	<10	Minum, masak	>3

## 2.5 SPI (*Standardized Precipitation Index*)

SPI (*Standardized Precipitation Index*) adalah indeks kekeringan yang hanya mempertimbangkan presipitasi. SPI merupakan indeks probabilitas dari data curah hujan dimana indeks negatif menunjukkan kondisi kering sedang indeks positif untuk kondisi basah. SPI dapat digunakan untuk memonitor kondisi dalam berbagai skala waktu. Fleksibilitas dalam skala waktu ini membuat SPI dapat digunakan untuk aplikasi jangka pendek untuk pertanian maupun jangka panjang untuk hidrologi [15].

Metode SPI adalah metode yang dikembangkan oleh McKee pada Tahun 1993 di Colorado, AS. Metode ini merupakan model untuk mengukur kekurangan/defisit curah hujan pada berbagai periode berdasarkan kondisi normal dengan tujuan untuk mengetahui indeks kekeringan [16]. Klasifikasi kekeringan berdasarkan nilai SPI dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Klasifikasi nilai indeks SPI  
(Sumber: (McKee, Doesken, & Kleist, 1993))

No	Nilai SPI	Kelas Kekeringan Berdasarkan WMO	Kelas Kekeringan Berdasarkan BNPB
1	< -2,0	Kekeringan Ektrim	Sangat tinggi
2	$-2,0 \leq \text{SPI} < -1,5$	Kekeringan Berat	Tinggi
3	$-1,5 \leq \text{SPI} < -1,0$	Kekeringan Sedang	Sedang
4	$-1 \leq \text{SPI} < 0$	Kekeringan Ringan	Rendah
5	$\text{SPI} \geq 0$	Normal	Sangat rendah

Untuk memperoleh klasifikasi indeks kekeringan maka perlu dilakukan hitungan terlebih dahulu. Adapun persamaan SPI dapat dilihat pada persamaan 2.1 dan 2.2

$$SPI = \frac{X_{actual} - X_{mean}}{\sigma} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sigma = \frac{\sum \sqrt{x_i - \bar{x}}}{n-1} \dots\dots\dots (2.2)$$

SPI dapat dihitung dari 1 bulan hingga 72 bulan. Secara statistik, 1-24 bulan adalah rentang aplikasi praktis terbaik [17].

1. Peta SPI 1 bulan menampilkan persentase curah hujan normal untuk periode 30 hari.
2. SPI 3 bulan menampilkan perbandingan curah hujan selama periode 3 bulan tertentu dengan total curah hujan dari periode 3 bulan yang sama. SPI 3 bulan mencerminkan kondisi kelembaban jangka pendek dan menengah dan memberikan perkiraan curah hujan musiman.
3. SPI 6 bulan membandingkan curah hujan untuk periode tersebut dengan periode 6 bulan yang sama dalam catatan sejarah. SPI 6 bulan bisa sangat efektif dalam menunjukkan curah hujan di musim yang berbeda. Informasi dari SPI 6 bulan juga dapat mulai dikaitkan dengan aliran anomali dan tingkat reservoir, tergantung pada wilayah dan waktu tahun.
4. SPI 9 bulan memberikan indikasi pola curah hujan antar musim. Kekeringan biasanya membutuhkan waktu satu musim atau lebih untuk berkembang. Nilai SPI di bawah -1.5 untuk rentang waktu ini biasanya merupakan indikasi yang baik bahwa kekeringan berdampak signifikan pada pertanian dan mungkin juga memengaruhi sektor lain. Periode waktu ini mulai menjembatani kekeringan musiman jangka pendek dengan kekeringan jangka panjang yang mungkin bersifat hidrologis, atau multi-tahun.
5. Indeks SPI 12 bulan hingga 24 bulan adalah indeks SPI yang mencerminkan pola curah hujan jangka panjang. Indeks SPI 12 bulan adalah perbandingan curah hujan selama 12 bulan berturut-turut dengan yang dicatat dalam 12 bulan

yang sama di tahun sebelumnya dari data yang tersedia. Hal ini dikarenakan rentang waktu ini adalah hasil kumulatif dari periode yang lebih pendek yang mungkin di atas atau di bawah normal, semakin lama SPI cenderung condong ke nol kecuali tren basah atau kering terjadi. SPI dari rentang waktu ini biasanya dikaitkan dengan aliran sungai, tingkat reservoir, dan bahkan tingkat air tanah pada rentang waktu yang lebih lama [9].

## **2.6 Produk Data CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*)**

Produk data *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS) adalah hasil penelitian dari

- a) Chris Funk dari lembaga *US Geological Survey, Center for Earth Resources Observation and Science, 47914 252nd St., Sioux Falls, South Dakota 57198, USA* dan *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*
- b) Pete Peterson dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*
- c) Martin Landsfeld dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*
- d) Diego Pedreros dari lembaga *US Geological Survey, Center for Earth Resources Observation and Science, 47914 252nd St., Sioux Falls, South Dakota 57198, USA*
- e) James Verdin dari lembaga *US Geological Survey, Center for Earth Resources Observation and Science, 47914 252nd St., Sioux Falls, South Dakota 57198, USA*
- f) Shraddhanand Shukla dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*
- g) Gregory Husak dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*

- h) James Rowland dari lembaga *US Geological Survey, Center for Earth Resources Observation and Science, 47914 252nd St., Sioux Falls, South Dakota 57198, USA*
- i) Laura Harrison dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*
- j) Andrew Hoell dari lembaga *National Oceanic and Atmospheric Administration Earth Systems Research Laboratory, Boulder, Colorado 80305, USA*
- k) Joel Michaelsen dari lembaga *UC Santa Barbara Climate Hazards Group, Santa Barbara, California 93106, USA*

CHIRPS berupa data curah hujan yang dirancang untuk pemantauan kekeringan di daerah dengan topografi yang kompleks. CHIRPS menggabungkan informasi satelit untuk menghasilkan klimatologi curah hujan beresolusi tinggi. Cara tersebut dilakukan untuk memperkirakan anomali curah hujan bulanan dan pentadal dan dengan menggunakan bidang presipitasi satelit untuk memperkirakan fungsi peluruhan jarak lokal memandu proses interpolasi.

Data yang digunakan untuk melakukan validasi adalah menggunakan *presipitasi Global Precipitation Climatology Centre (GPCC)* sebagai data dasar, perbandingan CHIRP dan CHIRPS, perkiraan *real-time (RT) TMPA 3B42 v7* tanpa data pengukur, produk analisis ulang CFS dan ECMWF, dan produk pengukur interpolasi *CPC Unified*. Data ini dipilih karena memiliki cakupan dan latensi yang sebanding dengan CHIRP dan CHIRPS. Produk CPC Unified didasarkan pada presipitasi harian yang diinterpolasi. Periode umum 2000-2010 digunakan dalam analisis kami. Daerah dengan rata-rata curah hujan musim hujan kurang dari 50 mm ditutupi. Hasil validasi CHPclim, CRU, and Worldclim dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Hasil validasi CHPclim, CRU, and Worldclim

	Colombia	Afganistan	Ethiopia	Sahel	Mexico
<i>Stations</i>	194	22	76	28	1,814
CHP clim-MBE	5%	3%	4%	0%	- 2%
CRU-MBE	-6%	- 28%	- 4%	16%	2%
Worldclim-MBE	-6%	- 17%	0%	- 16%	- 2%

CHPclim-MAE	18%	25%	10%	10%	30%
CRU-MAE	28%	57%	24%	21%	31%
Worldclim-MAE	19%	52%	21%	22%	23%
CHPclim-R <sup>2</sup>	84%	53%	91%	93%	65%
CRU-R <sup>2</sup>	58%	18%	68%	87%	60%
Worldclim-R <sup>2</sup>	82%	18%	72%	86%	78%

Data CHIRPS yang tersedia dari tahun 1981 dengan resolusi spasial  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$  dapat diakses di situs FTP ([chg-ftpout.geog.ucsb.edu](http://chg-ftpout.geog.ucsb.edu)) dalam format NetCDF, GeoTiff, dan Esri BIL [18].

## 2.7 Produk Data GFSAD30SEA

Lahan pertanian didefinisikan sebagai lahan yang ditanami dengan tanaman yang dipanen untuk makanan, pakan, dan serat, termasuk baik tanaman musiman (misalnya, gandum, beras, jagung, kedelai, kapas) dan perkebunan berkelanjutan (misalnya, kopi, teh, karet, kakao, kelapa sawit) [28]. Lahan pertanian ini mencakup tanaman tahunan berdiri, tanaman perkebunan permanen dan lahan pertanian kosong. Data lahan pertanian ini merupakan produk data hasil dari pengamatan *Global Food Security-support Analysis Data project at 30-m for the 12 countries of Southeast and Northeast Asia* (GFSAD30SEA) yang dilaksanakan oleh Adam J. Oliphant, Prasad S. Thenkabaila, Pardhasaradhi Teluguntlaa, Jun Xionga, Murali Krishna Gummac, Russell G. Congaltond, Kamini Yadavd. Lokasi penelitian ini berada pada 12 negara, yaitu sembilan negara Asia Tenggara dan tiga negara Asia Timur Laut pada tahun 2015. Penelitian GFSAD30SEA menggunakan citra satelit Landsat 8 dan 7 karena memiliki nilai spektral tinggi dan menghasilkan data berkualitas tinggi dan konsisten yang cocok untuk analisis spasial di wilayah yang sangat luas [29]. Secara keseluruhan, band citra Landsat yang digunakan, ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Karakteristik Citra Multi-Temporal Landsat 8 dan Landsat 7  
(Sumber: [https://www.usgs.gov/centers/wgsc/science/global-food-security-support-analysis-data-30-m-gfsad?qt-science\\_center\\_objects=4#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/wgsc/science/global-food-security-support-analysis-data-30-m-gfsad?qt-science_center_objects=4#qt-science_center_objects))

Nama Band	Landsat 8 OLI Spectral Range $\mu\text{m}$	Landsat 7 ETM+Spectral Range $\mu\text{m}$	Nama Indeks Vegetasi	Persamaan
<i>Blue</i>	0.452 – 0.512	0.45-0.52	NDVI	$(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$
<i>Green</i>	0.533 – 0.590	0.52-0.60		
<i>Red</i>	0.636 – 0.673	0.63-0.69	NBR2	$(\text{SWIR1}-\text{SWIR2})/(\text{SWIR1}+\text{SWIR2})$
NIR	0.85 – 0.879	0.77-0.90		
SWIR 1	1.566 – 1.651	1.55-1.75	LSWI	$(\text{NIR}-\text{SWIR1})/(\text{NIR}+\text{SWIR1})$
SWIR 2	2.107 – 2.294	2.09-2.35		
<i>Thermal</i>	10.60– 11.19	10.40-12.50		

## 2.8 Metode Analisis Spasial

SIG atau GIS (*Geographic Information System*) adalah sebuah sistem yang didesain untuk menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan seluruh jenis data geografis [10]. Adapun komponen-komponen yang membangun suatu SIG, adalah:

### 1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras adalah komputer dimana sistem informasi geografis beroperasi. SIG dapat bekerja pada perangkat keras dengan *range type* yang luas, mulai dari komputer *server* terpusat sampai komputer *desktop* yang digunakan sebagai *stand alone* atau konfigurasi jaringan.

### 2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak SIG menghasilkan fungsi dan alat yang dibutuhkan untuk membuat, mengolah, menganalisis dan menampilkan informasi geografis, misalnya:

1. *Tools* untuk masukan dan manipulasi data.
2. Suatu sistem pengelolaan basis data.
3. *Tools* yang mendukung *query*, analisis dan *visualisasi* geografis.
4. *Graphical User Interface* (GUI) untuk pengaksesan *tools*.

### 3. Manusia

Teknologi SIG akan menjadi tidak bermanfaat tanpa manusia yang mengelola sistem dan membangun perencanaan yang dapat diaplikasikan sesuai kondisi dunia nyata. Sama seperti pada Sistem Informasi lain pemakai SIG pun memiliki tingkatan tertentu dari tingkat spesialis teknis yang mendesain dan memelihara sistem sampai pada pengguna yang menggunakan SIG untuk membantu pekerjaan mereka sehari-hari.

### 4. Data

Hal yang merupakan komponen penting dalam SIG adalah data. Secara fundamental SIG bekerja dengan dua tipe model data geografis yaitu model data vektor dan model data raster. Model data vektor menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dalam bentuk grafik primitif titik, garis atau kurva, atau *polygon* beserta atribut-atributnya. Bentuk-bentuk dasar representasi data spasial ini, di dalam sistem model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x,y).

Karakteristik utama SIG adalah adanya kemampuan menganalisis sistem perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan operasi dan analisis data statistik (spasial dan non spasial). Analisis dengan menggunakan SIG sering digunakan dengan istilah analisis spasial [36]. Analisis spasial dilakukan dengan cara meng-*overlay*-kan dua layer peta digital yang kemudian menghasilkan jenis layer peta

baru sebagai hasil analisis. Kemampuan untuk mengintegrasikan data spasial dari dua atau lebih sumber yang berbeda merupakan kunci fungsi analisis dengan SIG dengan syarat keseluruhan layer/peta yang berbeda jenis dan berbeda sumber tersebut memiliki sistem referensi dan skala/resolusi yang sama (homogen) [37].

Salah satu metode *overlay* dapat dilakukan dengan cara *overlay union*. *Overlay union* bertujuan untuk membuat tutupan baru dengan melakukan tumpukan (*overlay*) dua *coverage*. Operasi *union* bisa dilakukan dengan ketentuan semua *coverage* harus dalam bentuk *polygon*. Keluaran *coverage* baru berisi *polygon* kombinasi dan atribut-atribut *coverage* asal [37].