

Wawan Pembengo  
Yunnita Rahim

UNG Press

# POLA ANOMALI IKLIM KEKERINGAN PADA JAGUNG BERDASARKAN NERACA AIR

Wawan Pembengo & Yunnita Rahim

POLA ANOMALI IKLIM KEKERINGAN PADA JAGUNG BERDASARKAN NERACA AIR



ISBN 978 623-284 011 9



9 786232 840119

UNG Press

Penerbit:  
UNG Press (Anggota IKAPI)  
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Telp. (0435) 821125  
Fax. (0435) 821752 Kota Gorontalo  
Website: www.ung.co.id

ISBN : 978-623-284-011-9

UNG Press

Penerbit:  
UNG Press (Anggota IKAPI)  
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Telp. (0435) 821125  
Fax. (0435) 821752 Kota Gorontalo  
Website: www.ung.co.id

POLA ANOMALI IKLIM  
KEKERINGAN PADA JAGUNG  
BERDASARKAN NERACA AIR

**UU No 19**

**Tahun 2002**

**tentang Hak Cipta**

Fungsi dan Sifat Hak Cipta pasal 2

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi pencipta atau pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Hak terkait Pasal 49

1. Pelaku memiliki hak eksklusif untuk memberikan izin atau melarang pihak lain yang tanpa persetujuannya membuat, memperbanyak, atau menyiarkan rekaman suara dan/atau gambar pertunjukannya.

Sanksi Pelanggaran Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

POLA ANOMALI IKLIM  
KEKERINGAN PADA JAGUNG  
BERDASARKAN NERACA AIR

**Wawan Pembengo, SP, M.Si.**

ISBN : 978-623-284-011-9



**Universitas Negeri Gorontalo Press**  
**Anggota IKAPI**

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125  
Kota Gorontalo

Website : [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)



**Universitas Negeri Gorontalo Press  
Anggota IKAPI**

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125

Kota Gorontalo

Website : [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)

---

© **Wawan Pembengo, SP, M.Si**

---

## **POLA ANOMALI IKLIM KEKERINGAN PADA JAGUNG BERDASARKAN NERACA AIR**

ISBN : 978-623-284-011-9

i-viii, 54 hal; 14.5 Cm x 21 Cm

Desain Cover : Irvhan Male

Diterbitkan oleh : UNG Press Gorontalo

Cetakan Pertama : Oktober 2020

---

**PENERBIT UNG Press Gorontalo  
Anggota IKAPI**

---

**Isi diluar tanggungjawab percetakan**

---

© 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi,  
atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku  
ini **tanpa izin tertulis** dari penerbit

# KATA PENGANTAR

Telah banyak bukti-bukti ilmiah menunjukkan anomali iklim sudah terjadi dan dirasakan oleh seluruh masyarakat dunia. Berbagai upaya dan strategi baik jangka pendek, menengah maupun antisipasi jangka panjang mulai dilakukan di banyak Negara. Hal ini dirasakan perlu, karena penundaan pelaksanaan upaya adaptasi diperkirakan akan meningkatkan kerugian ekonomi yang lebih besar di kemudian hari. Di Indonesia dampak ekonomi perubahan iklim diperkirakan sangat besar walaupun masih sulit diperhitungkan secara pasti. Namun demikian beberapa kajian menunjukkan bahwa kerugian ekonomi akibat perubahan iklim baik langsung maupun tidak langsung di Indonesia tahun 2100 dapat mencapai 2,5%, yaitu empat kali kerugian PDB rata-rata global akibat perubahan iklim. Untuk melindungi masyarakat termiskin dan munculnya biaya ekonomi yang tidak diinginkan, kegiatan adaptasi perlu segera dilakukan melalui disusunnya suatu rencana aksi adaptasi berskala nasional.

Peristiwa anomali cuaca dan iklim ekstrim semakin terasa meningkat dalam hal frekuensi dan intensitasnya. Berdasarkan BMKG kenaikan suhu udara di wilayah Indonesia yang telah terjadi dalam kurun waktu 100 tahun

terakhir ini berkisar  $0,76^{\circ}\text{C}$  serta senantiasa disertai kejadian-kejadian ekstrim yang menjadi pemicu terjadinya bencana hidrometeorologi. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sebanyak 87% bencana yang terjadi di Indonesia adalah bencana hidrometeorologi, seperti banjir, longsor, kekeringan, dan lain-lain.

Gorontalo, Oktober 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar.....	vii
<b>BAB 1 ANOMALI IKLIM</b> .....	1
A. Hubungan Antara Anomali Iklim Dengan Ketahanan Pangan.....	9
B. Dampak Anomali Iklim Terhadap Pola Tanam.....	9
C. Dampak Dinamika Iklim terhadap Produksi dan Ketersediaan Pangan .....	12
D. Dampak Anomali Iklim Terhadap Serangan Organisme Pengganggu Tanaman .....	14
E. Dampak Anomali Iklim Terhadap Akses Masyarakat Terhadap Pangan .....	16
F. Dampak Anomali Iklim Terhadap Sumberdaya Pertanian.....	17
<b>BAB 2 EVAPOTRANSPIRASI DAN KEBUTUHAN AIR TANAMAN (<i>CROP WATER REQUIREMENT</i>)</b> .....	19
A. Evapotranspirasi.....	19
B. Kebutuhan Air Tanaman ( <i>Crop Water Requirement</i> ).....	29
<b>BAB 3 NERACA AIR</b> .....	38
A. Komponen Neraca Air.....	44
B. Asumsi Perhitungan Neraca Air Lahan .....	45
<b>BAB 4 TINGKAT KEKERINGAN</b> .....	47
A. Terminologi Kekeringan.....	47
B. Karakter Lahan Kering dan Penyebarannya.....	50
<b>Daftar Pustaka</b> .....	58



# DAFTAR TABEL

1. Kejadian El Nino dan La nina yang Berlangsung Selama 4 Bulan atau Lebih dan Memiliki Nilai SOI Sangat Ekstrim 1875 – 2000.....	5
2. Lima puluh wilayah yang paling rentan terhadap anomali/perubahan iklim Indonesia.....	17
3. Koefisien tanaman yang digunakan dalam tanaman jagung .....	25
4. Komponen neraca air .....	39
5. Daerah dengan curah hujan rendah dan tinggi di Indonesia.....	53
6. Luas Lahan Kering Beriklim Kering dan Beriklim Basah di Indonesia.....	55

# DAFTAR GAMBAR

1. Pembagian wilayah Oceanic Nino Index (ONI) .....	3
2. Rata-rata Nilai SOI Bulanan selama Tahun 1875-2000...	4
3. Indian Ocean Dipole (IOD).....	6
4. Tren perubahan temperatur tahunan wilayah daratan Indonesia.....	7
5. Diagramatik konsep evapotranspirasi potensial ( $ET_p$ ), evapotranspirasi standar ( $ET_o$ ), evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ) dan evapotranspirasi aktual ( $ET_a$ ) .....	22
6. Skema fase pertumbuhan jagung.....	36
7. Pola Curah Hujan di Indonesia.....	51



# ANOMALI IKLIM

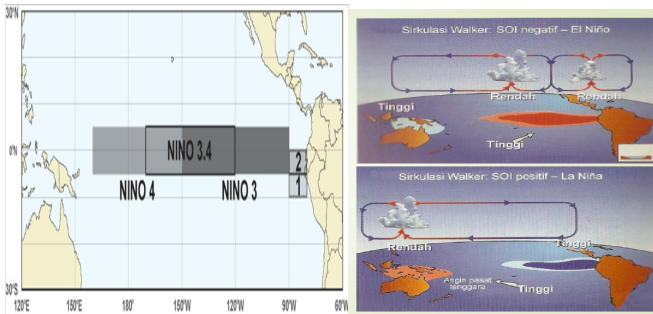
Anomali iklim dalam beberapa tahun terakhir banyak dibicarakan, akan tetapi tidak banyak orang memahami apa itu sebenarnya. Sayangnya sebagian besar pemangku kepentingan di sektor terkait seperti pertanian, kehutanan, perikanan dan kelautan, kesehatan, perhubungan lebih tertarik pada dampak anomali iklim. Sementara itu publikasi dan interpretasi anomali iklim dari berbagai sumber sangat beragam, sehingga akan menyulitkan pengambilan keputusan untuk adaptasi dan minimalisasi risikonya. Telaah dan konkritnya adalah dampak anomali iklim terhadap terjadinya curah hujan ekstrim baik ekstrim tinggi (banjir) maupun ekstrim rendah (kekeringan). Informasi yang sangat global dan beragamnya dampak antar wilayah dan antar waktu menyebabkan kerugian harus diterima oleh masyarakat yang akses terhadap informasi dan teknologinya terbatas. Secara harfiah, anomali iklim adalah pergeseran musim dari rata-rata normalnya. Musim hujan di Indonesia untuk wilayah dengan pola musunal biasanya terjadi antara bulan Oktober-Maret dan musim kemarau terjadi pada April-September. Pada saat anomali iklim, musim hujan ataupun kemarau bisa maju ataupun mundur dari biasanya. Musim di Indonesia didasarkan pada kondisi curah hujan yang tercatat.

Karakteristik anomali iklim (perubahan iklim) tidak terdistribusikan secara merata dan tidak sama. Amerika mendapat serangan badai besar seperti badai Katrina, sementara Bangladesh diterpa banjir bandang yang tak kunjung henti, bagian selatan Eropa diserang gelombang udara panas yang mematikan, sementara di kutub beruang-beruang mulai menciut habitatnya. Namun ada hal yang sama dari semua itu, yaitu bahwa pada suatu ketika nanti secara mendadak (*abrupt*) dan tak dapat dikendalikan prosesnya, semua kejadian itu akan berubah menjadi gempa iklim (*climate shock*) dimana saat itu akan bersifat sangat katastrofik (Amin dkk., 2005). Thorton *et al.* (2010) menyatakan bahwa kondisi temporal dan spasial berupa perubahan temperatur dan kondisi ketersediaan air direspon tanaman secara berbeda-beda dan hal ini terjadi akibat dari perubahan iklim yang perlu diantisipasi sejak dini oleh berbagai pihak.

Anomali iklim terjadi karena beberapa sebab, namun yang banyak dibicarakan orang adalah karena terjadinya fenomena ENSO (*El-Niño Southern Oscillation*), yang dikaitkan dengan kondisi anomali suhu permukaan laut di zona NINO 3 dan 4 (5°LU-5°LS, 170°BB -120°BB). Selain anomali suhu permukaan laut faktor dominan lain adalah arah angin pasat, perbedaan tekanan antara Darwin dan Tahiti dan yang disebut-sebut belakangan banyak mempengaruhi kondisi iklim Indonesia adalah *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) yang mengaitkan suhu permukaan laut di Samudera Hindia dengan yang di Pasifik. Dua faktor utama dan dominan penyebab anomali iklim adalah sebagai berikut:

## 1. Indeks Osilasi Selatan (*Southern Oscillation Index/SOI*).

Indeks Osilasi Selatan (*Southern Oscillation Index/SOI*) adalah anomali perbedaan tekanan udara permukaan antara Tahiti di kepulauan Polinesia - Perancis, dengan tekanan udara permukaan di Darwin, Australia.



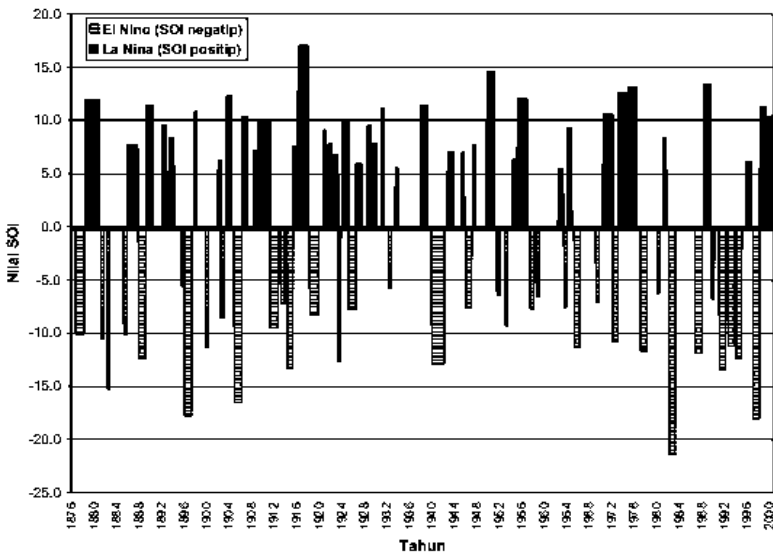
**Gambar 1.** Pembagian wilayah Oceanic Niño Index (ONI)

Indikator El Niño berhubungan dengan nilai-nilai negatif dari SOI, yang berarti bahwa perbedaan tekanan antara Tahiti dan Darwin adalah relatif kecil. Nilai IOS negatif ini menunjukkan adanya tekanan udara di atas permukaan laut yang lebih tinggi di Darwin dibandingkan dengan di Tahiti dan mencerminkan curah hujan di Indonesia berada di bawah normal. ENSO atau El Niño Osilasi Selatan (*El Niño–Southern Oscillation*) adalah fenomena alam terjadi karena memanasnya suhu muka laut di kawasan tengah dan timur (NINO 3 dan 4 posisi 5°LU - 5°LS, 170°BB - 120°BB) samudera Pasifik dibanding normalnya yang menyebabkan rendahnya curah hujan (musim kemarau panjang) di wilayah Indonesia dan Australia. La Niña adalah fenomena alam terjadi karena memanasnya suhu muka laut di kawasan barat Samudera Pasifik dibanding normalnya yang menyebabkan

tingginya curah hujan (musim hujan) di wilayah Indonesia dan Australia. Berdasarkan intensitasnya *El Niño* dikategorikan sebagai :

- El Nino Lemah (Weak El Nino)***, anomali suhu muka laut di Pasifik equator positif antara  $+0,5^{\circ}\text{C}$  s/d  $+1,0^{\circ}\text{C}$  berlangsung 3 bulan berturut-turut.
- El Nino sedang (Moderate El Nino)***, anomali suhu muka laut di Pasifik equator positif antara  $+1,1^{\circ}\text{C}$  s/d  $1,5^{\circ}\text{C}$  berlangsung 3 bulan berturut-turut.
- El Nino kuat (Strong El Nino)***, anomali suhu muka laut di Pasifik ekuator positif  $> 1,5^{\circ}\text{C}$  berlangsung 3 bulan berturut-turut.

Pada *El nino* jika nilai SOI negatif 10 atau kurang maka dipastikan terjadi penurunan curah hujan di bawah normal sebaliknya pada *La nina* jika nilai SOI positif 10 atau lebih.



**Gambar 2.** Rata-rata Nilai SOI Bulanan selama Tahun 1875 - 2000

Tabel 1. Kejadian El Nino dan La Nina yang Berlangsung Selama 4 Bulan atau Lebih dan Memiliki Nilai SOI Sangat Ekstrem 1875 – 2000

El nino (Musim Kemarau Ekstrem)				La Nina (Musim Hujan Ekstrem)			
Tahun Kejadian	Periode Kejadian	Lama Kejadian (Bulan)	Nilai SOI	Tahun Kejadian	Periode Kejadian	Lama Kejadian (Bulan)	Nilai SOI
1877 - 1878	Jul 77 – Mar 78	9	- 13,6	1878 – 1879	Ags 78 – Okt 79	15	14,9
1888 - 1889	Mar 88 – Apr 89	14	- 12,8	1886 – 1887	Ags 86 – Mar 87	8	12,0
1896 - 1897	Apr 96 – Mei 97	14	- 18,1	1889 – 1890	Okt 89 – Mar 90	6	15,9
1905	Feb 05 – Des 05	11	- 20,5	1903 – 1904	Des 03 – Mei 04	6	14,4
1911	Jun 11 – Sep 11	4	- 11,4	1906	Ags 06 – Des 06	5	13,3
1912	Feb 12 – Mei 12	4	- 13,9	1910	Jun 10 – Des 10	7	14,6
1914 - 1915	Mei 14 – Apr 15	12	- 12,6	1916 – 1918	Nov 16 – Mar 18	17	18,2
1940 - 1941	Apr 40 – Des 41	21	- 14,6	1938	Mei 38 – Sep 38	5	13,7
1946	Mei 46 – Sep 46	5	- 10,0	1950 – 1951	Jan 50 – Jan 51	13	15,4
1963	Apr 63 – Sep 63	6	- 10,6	1955 – 1956	Jun 55 – Jul 56	14	13,5
1965	Jun 65 – Okt 65	5	- 14,0	1970 – 1971	Okt 70 – Mei 71	8	14,4
1972	Mei 72 – Sep 72	5	- 13,1	1973 – 1974	Jul 73 – Apr 74	10	16,0
1977 - 1978	Apr 77 – Mar 78	12	- 12,2	1975 -1976	Mar 75 – Feb 76	12	15,5
1982 - 1983	Mei 82 – Apr 83	12	- 22,1	1988 – 1989	Ags 88 – Jun 89	11	13,9
1986 - 1987	Des 86 – Sep 87	10	- 15,7	1998	Jul 98 – Mar 99	9	11,9
1991 - 1992	Sep 91 – Mei 92	9	- 14,7	1999 - 2000	Nov 99 – Apr 20	6	10,7
1993	Ags 93 – Jan 94	6	- 12,6				
1994	Mar 94 – Nov 94	9	- 14,3				
1997 - 1998	Mar 97 – Apr 98	14	- 18,0				

Sumber : Irawan, 2006

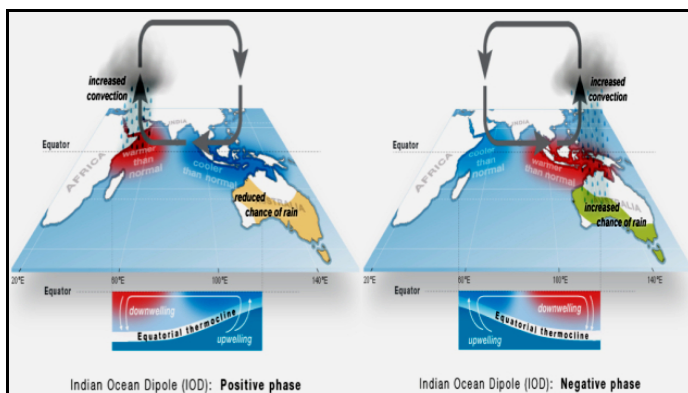
Dari Tabel 1 di atas siklus kejadian anomali iklim selama tahun 1976 hingga 2000 kejadian El Nino menjadi semakin pendek yaitu sekitar 3 hingga 4 sekali dan La Nina yaitu 8 tahun sekali.

## 2. Indian Ocean Dipole (IOD)

IOD memiliki nilai positif *Sea Surface Temperature* (SST) anomali untuk barat (50°BT - 70°BT dan 10°LS - 10°LU) dan



negatif *Sea Surface Temperature* (SST) untuk timur (90°BT-110°BT dan 10°LS-ekuator). IOD positif merupakan fenomena memanasnya suhu muka laut samudera Hindia bagian barat dan turunnya suhu muka laut bagian Timur samudera Hindia (pantai Barat Sumatera dan Selatan Jawa) menyebabkan rendahnya curah hujan di wilayah bagian barat Indonesia. IOD negatif merupakan fenomena memanasnya suhu muka laut bagian Timur samudera Hindia (pantai Barat Sumatera dan Selatan Jawa) dan turunnya suhu muka laut samudera Hindia bagian barat menyebabkan tingginya curah hujan di wilayah bagian barat Indonesia.

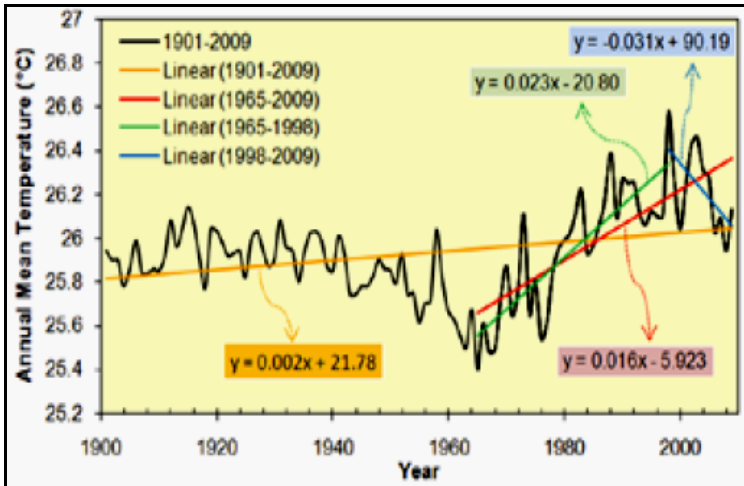


**Gambar 3.** Indian Ocean Dipole (IOD)

### **Tren Perubahan Temperatur**

Kecenderungan perubahan temperatur tersebut dapat dilihat dari Gambar 4 yang memperlihatkan variasi temperatur rata-rata untuk seluruh wilayah Indonesia yang dihitung dari data CRU, yakni salah satu basis data iklim global dari University of East Anglia yang sering digunakan

sebagai alternatif untuk data pengamatan lokal. Selain itu, tren perubahan temperatur lokal akibat dari efek heat island juga ditengarai cukup dominan mempengaruhi data yang diamati di perkotaan (Bappenas, 2010)



**Gambar 4.** Tren perubahan temperatur tahunan wilayah daratan Indonesia

### **Tren Perubahan Curah Hujan**

Berdasarkan analisis curah hujan musiman di wilayah Indonesia dalam laporan Indonesia Second National Communication (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010), kenaikan curah hujan untuk Desember–Januari–Februari (DJF) terjadi di hampir seluruh P. Jawa dan Indonesia bagian timur, seperti Bali, NTB, dan NTT. Untuk curah hujan Juni–Juli–Agustus (JJA), tren penurunan yang signifikan dapat ditemui di hampir seluruh wilayah Indonesia, kecuali Pandeglang (Jawa Barat), Makassar (Sulawesi Selatan), Manokwari, Sorong (Papua), dan Maluku.

Dalam kajian lain oleh Bappenas (2010), tren perubahan curah hujan untuk tiap-tiap bulan bervariasi pula secara ruang. Pola tren curah hujan yang cukup bervariasi untuk bulan basah (Januari dianggap mewakili bulan basah DJF). Perubahan curah hujan di hampir seluruh bagian P. Sumatera mengalami kenaikan sedangkan penurunan dan kenaikan curah hujan cenderung merata. Adanya variasi spasial dalam tren perubahan curah hujan untuk wilayah Jawa-Bali, dengan kecenderungan kenaikan curah hujan di daerah Jawa Barat, Jawa Timur, dan Bali, dan kecenderungan penurunan curah hujan di wilayah Banten dan Jawa Tengah. Wilayah P. Sulawesi bagian utara dan P. Papua bagian tengah hingga Selatan mengalami penurunan curah hujan. Namun, terdapat perbedaan pada tren perubahan curah hujan untuk wilayah P. Kalimantan, P. Sulawesi bagian tengah, P. Halmahera dan Kepulauan Nusatenggara. menunjukkan tren naik untuk wilayah tersebut, menunjukkan sebaliknya.

Dapat disimpulkan bahwa, meskipun masih terdapat beberapa perbedaan, kedua kajian menunjukkan tren perubahan curah hujan sangat bervariasi secara spasial untuk wilayah Indonesia. Perubahan nilai curah hujan rata-rata yang tidak seragam untuk wilayah Indonesia pada bulan Januari periode 1980–2010 dibandingkan terhadap baseline. Di P. Sumatera, sebagian besar daerah mengalami kenaikan nilai curah hujan rata-rata sebesar 10–50 mm. Untuk wilayah lainnya, terdapat daerah yang curah hujan rata-ratanya naik, tetapi ada pula yang nilainya turun.

### **A. Hubungan Antara Anomali Iklim Dengan Ketahanan Pangan**

Dinamika iklim yang sangat besar pengaruhnya terhadap produksi dan kestabilan hasil pangan adalah penyimpangan (anomali) dan perubahan iklim. Anomali iklim dapat bersifat temporer seperti bulanan atau musiman, sedangkan perubahan iklim bisa bersifat temporer, tetapi juga bisa bersifat "*trendy*", seperti peningkatan suhu udara akibat pemanasan global atau perubahan curah hujan akibat pergeseran sistem sirkulasi udara dan lain-lain.

Dampak anomali iklim yang didominasi oleh kekeringan dan banjir terhadap ketahanan pangan terkait dengan dampaknya terhadap (a) penyediaan (produksi dan distribusi pangan), (b) kemampuan dan akses masyarakat terhadap pangan, dan (c) kerusakan sumberdaya alam basis produksi pangan. Selanjutnya, dampak anomali iklim dan perubahan iklim terhadap produksi terjadi melalui pengaruhnya secara runtut, yang diawali terhadap sirkulasi udara global dan lokal, curah hujan dan unsur iklim lainnya, pola ketersediaan air, awal dan lamanya musim tanam, pola tanam, luas areal tanam serta areal panen dan produktivitas, berujung pada ketersediaan pangan secara nasional.

### **B. Dampak Anomali Iklim Terhadap Pola Tanam**

Anomali dan perubahan iklim antara lain menyebabkan kekeringan dan banjir yang sering berdampak terhadap pertumbuhan dan produktivitas

tanaman. Hal ini terjadi melalui pengaruhnya terhadap pola dan waktu tanam serta indeks/intensitas pertanaman (IP). Ketiga komponen agronomis tersebut sangat terkait dengan perubahan jumlah dan pola curah hujan (ketersediaan air), pergeseran musim (maju mundur dan lamanya musim hujan/kemarau).

Secara teknis, tanaman padi sawah membutuhkan air 800-1200 mm/musim sedangkan jagung, kedelai dan kacang tanah 350-400, 300-350, dan 400-500 mm/musim. Dengan demikian, tanaman padi dan palawija tumbuh dan berproduksi baik jika memperoleh pasokan air antara 6-10 mm/hari dan 3,5-6 mm/hari atau 60-100 dan 35-60 m<sup>3</sup>/ha/hari. Oleh sebab itu, pola tanam (jenis tanaman dan waktu tanam) sangat ditentukan oleh lama dan pola ketersediaan air yang terakut dengan durasi anomali iklim. Berdasarkan kejadian anomali iklim sejak lebih 100 tahun yang lalu menunjukkan bahwa rata-rata durasi kejadian *El-Nino* sekitar 8,5 bulan dengan kisaran 4-12 bulan, sedangkan *Lanina* bulan dengan kisaran 5-15 bulan (Irawan, 2003). Sebagai contoh, penurunan curah hujan akibat *El-Nino* 1997 di Lampung sekitar 15-40% dengan perpanjangan musim kemarau 4-8 dasarian telah menurunkan luas areal panen padi sekitar 44% dibanding kondisi normal. Jika dibandingkan dengan luas areal tanam, luas areal panen pada *El-Nino* 1991, 1994 dan 1997 berturut-turut 64, 62 dan 45 %, sedangkan keadaan normal sekitar 89 %. Demikian juga di Jawa, pergeseran musim pada *El-Nino* menyebabkan perubahan realisasi luas areal tanam secara nyata. Pengunduran waktu tanam tersebut

juga berakibat terhadap MT tahun berikutnya. *El-Nino* 1997 telah menggeser waktu tanam MH 1997/1998 hingga 2-3 bulan (6-9 dasarian) yang secara runut juga berpengaruh terhadap pola tanam MT berikutnya (Las dkk., 1999).

Walaupun tidak disebabkan oleh *El-Nino* penyimpanan iklim yang menyebabkan hari-hari kering pada awal musim hujan 2002/2003 (Nopember-Desember 2002) telah menggeser pola tanam di beberapa daerah sentra produksi padi di Jawa. Dalam kondisi normal, realisasi tanam MH pada bulan Desember di Jalur pantura Jabar mencapai 80%, namun hingga minggu ke II Januari 2003 realisasi tanam MH 2002/2003 baru mencapai 45-55%. Anomali iklim menyebabkan penanaman padi awal musim hujan (Nopember - Desember) hanya bisa dilakukan pada daerah yang dekat dengan saluran air irigasi.

Hal yang mirip juga berlanjut pada MT 2003 (MK-I 2003), hal serupa juga terjadi akibat anomali dan perubahan iklim, khususnya sangat rendahnya curah hujan. Luas kerusakan pertanaman padi mencapai > 450.000 ha akibat kekeringan, dan lebih dari 91.000 ha mengalami puso. Kerusakan tersebut sebagian besar berada wilayah bagian selatan Indonesia, terutama Jawa, Sulsel dan Lampung. Sedangkan tanaman palawija yang mengalami kerusakan mencapai 42.000 ha lebih dan mengalami puso lebih dari 2.700 ha. Kerusakan tanaman padi dan palawija pada tahun 2003 tersebut jauh lebih tinggi dibanding 10 tahun sebelumnya pada periode yang lama.

### **C. Dampak Dinamika Iklim terhadap Produksi dan Ketersediaan Pangan**

Dampak anomali iklim merupakan resultante antara perubahan luas tanam dan panen dengan produktivitas. Kekeringan dan banjir berdampak terhadap produksi melalui luas area) panen, serangan OPT, pertumbuhan dan produktivitas tanaman. *El-Nino* dan kekeringan berdampak lebih dominan terhadap penurunan luas areal panen seluruh komoditas dibanding terhadap penurunan produktivitas. Rata-rata penurunan luas areal panen seluruh komoditas pangan 0.25 - 11.25%, sedangkan produktivitas mengalami penurunan 0.08 - 2.27% (Irawan, 2003). Sedangkan *La-Nina* dan kebanjiran menyebabkan penurunan produktivitas hampir seluruh komoditas, tetapi tidak terhadap luas areal panen.

Pada tahun 1997, total penurunan areal panen tanaman pangan utama sekitar 6,4% yang terdiri dari padi 4-6,3%, jagung 8,7%, ubi kayu 8,7%, kacang tanah 10,1%, ubi jalar 9,2% dan kedelai 15,3%. Sedangkan pada tahun 1998 penurunan areal panen masih sekitar 4,3% masing-masing adalah 3,0-8,7% (padi), 1,5% (jagung), 8,9% (ubi kayu), 8,8% (kacang tanah), 7,3% (ubi jalar), dan 12,0% (kedelai) (Irawan, 2003). Namun secara regional, pengaruh anomali iklim terhadap produksi masing-masing komoditas sangat beragam. Di Jawa Barat dan Sulawesi Selatan, justru terjadi peningkatan produksi jagung pada tahun *El-Nino*, terutama tahun 1994 dan 1997 (Amien dkk., 2005). Pada

El-Nino 1997, kegagalan tanam dan panen di Lampung pada MH lebih tinggi dibanding MK, yaitu 25% dan 15%. Sedangkan pada tahun 1991 10% dan pada tahun normal 8%.

Secara nasional penurunan produksi padi nasional pada *El-Nino* 1991 dan 1994 masing-masing sekitar 1,3% dan 3,2%, sedangkan *El-Nino* 1997 penurunan sekitar 3,6% pada tahun 1997, namun masih berdampak terhadap produksi 1998 yang turun sekitar 6,3 dibanding produksi tahun 1997, tetapi sekitar 9.4% dibanding produksi tahun 1996 (sebelum *El-Nino*). Data Seri sejak tahun 1969 menunjukkan bahwa penurunan produksi pangan nasional (padi dan palawija) akibat El-Nino rata-rata 3,06% dengan kisaran 1.86 (1977) - 5.56% (1972). Sedangkan dampak La-Nina terhadap produksi pangan bersifat positif atau terjadi peningkatan sekitar 0.64% atau setara dengan 186,8 ribu ton.

Dampak El-Nino terhadap penurunan produksi pangan cenderung meningkat, yaitu 1,86-2.90% pada periode 1977-1987 meningkat menjadi 2,28-3,45% pada periode 1991-1997. Pada El-Nino 1997, penurunan produksi mencapai 1,8 juta ton (2,28%) dan berlanjut terhadap produksi tahun 1998 yang turun 2,3 juta ton dibanding produksi tahun 1996. Selain itu dampak anomali iklim terhadap produksi pangan juga beragam menurun wilayah atau propinsi. Dampak El-Nino tertinggi terjadi di Propinsi Lampung (7,5%, Kalimantan Timur (7,3%), Sumatera



Selatan (5,4%), dan Jawa Tengah (4,9%), sedangkan dampak terkecil terjadi di Sulawesi Utara, Sumatera Utara, dan Maluku, masing-masing 0,1 dan 0,1%. Dampak La-Lina terhadap produksi pangan masing-masing wilayah jauh lebih beragam, karena di sebagian propinsi bersifat negatif dan sebagian yang lain bersifat positif. Sebagai contoh di Sutaner Bagian Utara umumnya berdampak negatif, tetapi Sumatra Bagian Selatan dan Jawa pada umumnya bersifat positif (Irawan 2003).

#### **D. Dampak Anomali Iklim Terhadap Serangan Organisme Pengganggu Tanaman**

Hama penyakit utama tanaman padi adalah tikus dengan luas serangan (124.000 ha/th), penggerek batang (80.127 ha/th) wereng coklat (28.222 ha/th), penyakit tungro (12.078 ha/th) dan blas (9.778 ha/th) dengan kehilangan hasil mencapai 212.948 ton GKP/musim tanam dan pada saat anomali iklim serangan hama tersebut cenderung makin luas (Soetarto *dkk.*, 2001). Peningkatan serangan OPT akibat anomali iklim, terutama *El-Nino* terkait dengan faktor utama, yaitu

- (a) ketidak-serempakan tanam sehamparan akibat *El-Nino* mempengaruhi perkembangan hama-penyakit melalui perubahan dan keberlanjutan waktu ketersediaan inang.
- (b) faktor-faktor biofisik yang kondusif, terutama suhu, kelembaban udara (pasca *El-Nino*).

Penyimpangan iklim yang menyebabkan hari-hari

kering di awal musim MH 2002/2003 telah meningkatkan serangan beberapa jenis hama utama di beberapa lokasi pertanaman di Jalur Pantura. Luas serangan penyakit tungro mencapai 15.000 ha, meningkat 15 kali lipat dari biasanya terjadi pada tanaman musim hujan setelah terjadinya *El-Nino* yang diikuti oleh *La-Nina* pada MH 1998/1999 di Lombok (Widiarta *dkk.*, 2001). Penyebab dari serangan tungro yang meluas terutama disebabkan oleh ketidak serempakan tanam. Pada kondisi tanam tidak serempak, fase vegetatif tanaman yang peka tungro dan sumber inokulum tersedia, memberi kesempatan pada wereng hijau untuk memperoleh virus dan menularkannya dalam waktu yang panjang. Disamping itu aktifitas pemencaran wereng hijau yang lebih tinggi pada tanam serempak, memperluas penularan tungro

*La-Nina* yang membawa dampak curah hujan diatas normal, mempengaruhi kondisi iklim mikro terutama kelembaban nisbi menjadi lebih menguntungkan bagi perkembangan wereng coklat. Kelembaban nisbi mikro kurang dari 73% menyebabkan kematian pada nimfa wereng coklat. Anomali iklim yang terjadi pada tahun 1997 yaitu *El-Nino* yang diikuti *La-Nina* menguntungkan perkembangan wereng coklat. Wereng coklat biasanya menjadi masalah pada musim hujan, tetapi pada waktu tersebut juga menyebabkan kerusakan (puso) pada tanaman padi musim kemarau di Karawang dan pada tanaman padi gogo di Subang

### **E. Dampak Anomali Iklim Terhadap Akses Masyarakat Terhadap Pangan**

Dampak kekeringan dan banjir terhadap ketahanan pangan di tingkat rumah tangga petani (produsen dan juga konsumen) dan konsumen bervariasi menurut jenis dan bobot gangguannya di tingkat lokal. Penurunan atau hambatan produksi dan distribusi secara langsung atau tidak akan berakibat terhadap penghasilan masyarakat petani, khususnya petani tanaman pangan. Akibat yang lebih parah dialami oleh buruh tani yang mengandalkan pendapatannya dari jasa kegiatan *on farm* seperti pengolahan tanah, menanam, menyiang, memupuk, panen dan lain-lain. Pada hal petani merupakan konsemen terbesar (>60%) bagi sebagian besar produk pangan, terutama beras.

Penundaan waktu tanam akibat kekeringan atau kekurangan air menyebabkan pula penundaan waktu panen, sementara itu kebutuhan (*demand*) terhadap pangan hampir tidak mengalami perubahan. Hal tersebut menyebabkan cadangan pangan di tingkat rumah tangga dan makro secara nasional dalam berbagai bentuk dan jenis pangan akan berkurang bahkan bisa devisa. Dengan demikian akses masyarakat untuk mendapatkan pangan semakin rendah karena makin menipisnya ketersediaan pangan dan menurunnya kemampuan/daya beli masyarakat terhadap pangan.

## **F. Dampak Anomali Iklim Terhadap Sumberdaya Pertanian**

Kekeringan dan banjir berdampak terhadap sumberdaya lahan, air dan perairan, melalui penurunan dan peningkatan pasokan air secara ekstrim, dan atau disebabkan oleh kebakaran hutan yang berdampak terhadap fungsi keseimbangan tata air/hidrologi, penurunan kesuburan tanah dan mengurangi keanekaragaman hayati. Pada lingkungan DAS (Daerah Aliran Sungai), dampak anomali iklim bisa kompleks terutama jika terjadi erosi dan longsor. Gangguan tersebut akan menyebabkan makin berkurangnya luas lahan produktif dan terjadinya degradasi lahan, sehingga produktivitas dan kapasitas produksi pangan makin menurun.

Berdasarkan hasil identifikasi wilayah rentan di Indonesia seperti tercantum di tabel berikut ini :

Tabel 2. Lima puluh wilayah yang paling rentan terhadap anomali/perubahan iklim Indonesia

1	DKI Jakarta	26	Kab. Aceh Tenggara
2	Kota Bandung	27	Kota Balikpapan
3	Kota Surabaya	28	Kab. Bekasi
4	Kota Bekasi	29	Kab. Paniai
5	Kota Bogor	30	Kab. Bengkulu Selatan
6	Kota Depok	31	Kab. Bangkalan
7	Palembang	32	Kab. Purwakarta
8	Kota Tangerang	33	Kab. Sidoarjo

9	Kab. Tangerang	34	Kab. Tanggamus
10	Kab. Lampung Barat	35	Kab. Majalengka
11	Kab. Jayawijaya	36	Kab. Ponorogo
12	Kota Malang	37	Kota Blitar
13	Kab. Puncak Jaya	38	Kab. Tasikmalaya
14	Kab. Jembrana	39	Kab. Aceh Selatan
15	Kab. Bogor	40	Kota Madiun
16	Kab. Garut	41	Kab. Serang
17	Kab. Lebak	42	Kab. Dairi
18	Kab. Bandung	43	Kab. Gorontalo
19	Kab. Sumedang	44	Kab. Sampang
20	Kab. Sukabumi	45	Kab. Magetan
21	Kab. Cianjur	46	Kab. Indramayu
22	Kab. Buleleng	47	Kab. Ciamis
23	Kab. Pandeglang	48	Kab. Madiun
24	Kab. Tanjung Jabung	49	Kab. Lahat
25	Kab. Karawang	50	Kab. Lombok TImur

*Sumber: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), 2014*

## EVAPOTRANSPIRASI DAN KEBUTUHAN AIR TANAMAN (*CROP WATER REQUIREMENT*)

### **A. Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi adalah kombinasi proses kehilangan air dari suatu lahan pertanian melalui proses evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses dimana air diubah menjadi uap air dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan bidang penguapan ke atmosfer. Evaporasi terjadi pada berbagai jenis permukaan seperti danau, sungai, lahan pertanian, maupun dari vegetasi yang basah. Transpirasi adalah vaporisasi di dalam jaringan tanaman dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan tanaman ke atmosfer. Pada transpirasi, vaporisasi terutama di ruang antar sel daun dan selanjutnya melalui stomata uap air akan lepas ke atmosfer. Hampir semua air yang diambil tanaman dari media tanam (tanah) akan ditranspirasikan dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan tanaman.

Faktor utama yang mempengaruhi besar kecilnya laju evapotranspirasi yakni :

## 1. Parameter Tanaman

Parameter tanaman meliputi jenis atau tipe vegetasi dan tingkat populasi tanaman. Tanaman kecil seperti semak umumnya mentranspirasikan air lebih sedikit dari tanaman berkayu karena semak akarnya tidak sedalam tanaman kayu. Juga daun tanaman semak tidak mencapai tinggi seperti tanaman kayu. Tanaman konifer meski memiliki daun yang tidak lebar, dapat memiliki nilai transpirasi yang lebih tinggi dari tanaman berdaun lebar.

## 2. Parameter Tanah

Parameter tanah meliputi kandungan air tanah, karakteristik kapiler tanah, karakter muka air tanah, warna tanah. Tanah merupakan reservoir utama untuk air pada daerah tangkapan air. Tingkat kelembaban tanah meningkat ketika curah hujan yang cukup untuk melebihi kehilangan evapotranspirasi dan drainase ke sungai dan air tanah. Ketersediaan air tanah umumnya habis selama musim kemarau ketika tingkat evapotranspirasi tinggi.

## 3. Parameter Cuaca dan Iklim

### a. Radiasi matahari

Komponen sumber energi dalam memanaskan badan-badan air, tanah dan tanaman dan sangat ditentukan posisi geografis.

### b. Suhu udara dan permukaan

Suhu udara merupakan komponen yang tidak terpisah dengan radiasi dan juga tergantung ketinggian tempat atau permukaan.

c. Kelembaban

Semakin rendah kelembaban maka udara akan semakin besar menampung uap air yang berasal dari permukaan air dan tanaman. Parameter ini penting karena udara memiliki kemampuan menyerap air sesuai kondisinya termasuk suhu udara dan tekanan udara.

d. Angin

Angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum kejenuhan kandungan uap di udara.

4. Parameter Geografi

a. Kualitas air (warna, salinitas dan lain-lain).

b. Karakter struktur badan air.

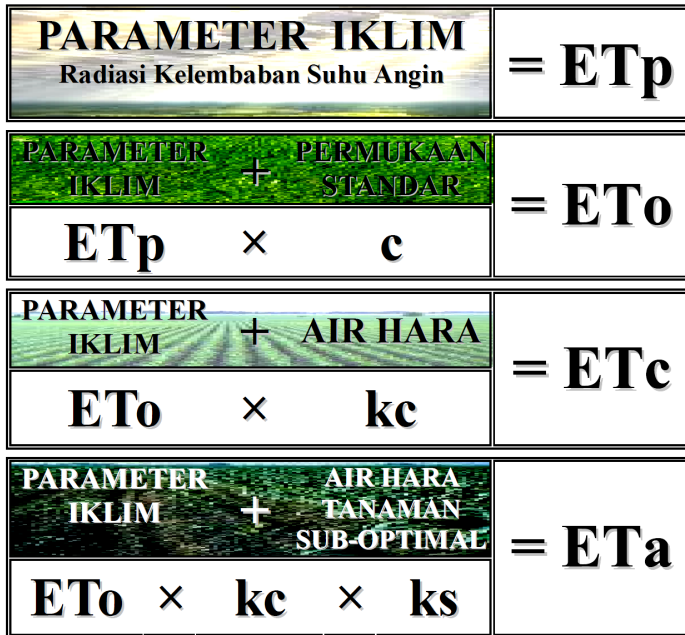
c. Ukuran dan bentuk permukaan air.

### ***Evapotranspirasi potensial***

Evapotranspirasi potensial (ET<sub>p</sub>) menggambarkan laju maksimum kehilangan air dari suatu lahan bertanaman yang ditentukan oleh kondisi iklim pada keadaan penutupan tajuk tanaman pendek yang rapat dengan penyediaan air yang cukup. Batasan tersebut dimaksudkan untuk memaksimalkan laju kehilangan air dengan meminimumkan tahanan gerakan air (karena tanaman pendek), meminimumkan kontrol stomata terhadap transpirasi (karena penyediaan air cukup), serta meminimumkan pengaruh evaporasi tanah (karena tajuk rapat) sehingga ET<sub>p</sub> *hanya*



ditentukan oleh parameter-parameter iklim. Evapotranspirasi potensial merupakan gambaran kebutuhan atmosfer untuk penguapan (*atmospheric demand for evaporation*).



**Gambar 5.** Diagramatik konsep evapotranspirasi potensial ( $ET_p$ ), evapotranspirasi standar ( $ET_o$ ), evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ) dan evapotranspirasi aktual ( $ET_a$ )

Catatan: Allen *et al.* (1998) secara tegas tidak menyarankan penggunaan istilah evapotranspirasi potensial ( $ET_p$ ) karena ambiguitas pendefinisian  $ET_p$ . Mereka mengadopsi hanya istilah evapotranspirasi standard ( $ET_o$ ) dengan menyatakan bahwa yang berpengaruh terhadap  $ET_o$  adalah parameter-parameter iklim.

## **Evapotranspirasi Standar**

Untuk mengukur ETp secara praktis digunakan pengertian *evapotranspirasi standar* (ETo) (Doorenbos & Pruitt 1977). *Evapotranspirasi standar* adalah ET pada suatu permukaan standard (*reference surface*). FAO mendefinisikan permukaan standard sebagai "suatu permukaan tanaman hipotetis yang mengasumsikan tinggi tanaman 0.12 m serta nilai tahanan permukaan konstan  $70 \text{ s m}^{-2}$  dan albedo 0.23". Permukaan standard ini secara praktis dapat diperoleh dari lahan dengan penutupan tajuk penuh oleh rerumputan hijau yang ditanam pada lahan subur berkadar air tanah cukup dengan tinggi antara 8 – 15 cm sehingga diperoleh karakteristik kekasaran aerodinamik yang relatif konstant serta minimum selama musim tumbuhnya. Karakteristik kekasaran aerodinamik yang relatif konstant sebesar  $70 \text{ s m}^{-2}$  mengindikasikan tingkat kebasahan permukaan tanah yang cukup sebagai hasil irigasi dengan frekuensi seminggu sekali (Allen *et al.* 1998). Hubungan antara ETp dan ETo dirumuskan sebagai:

$$\text{ETp} = c \times \text{ETo}$$

dengan  $c$  koefisien. Hampir semua tanaman pendek mempunyai nilai  $c = 1$ ; sedang untuk tanaman yang secara aerodinamik kasar, tanaman yang tinggi dan hutan, nilai  $c$  dapat mencapai 1.25.

## **Evapotranspirasi Tanaman**

*Evapotranspirasi tanaman* (ETc, *crop evapotranspiration*) pada kondisi standard adalah ET dari suatu lahan luas dengan tanaman sehat berkecukupan hara dan bebas hama penyakit, yang ditanam pada kondisi air tanah optimum dan mencapai produksi penuh di bawah suatu keadaan iklim tertentu. Tidak seperti pada ETo yang nilainya relatif konstan, nilai ETc berubah-ubah menurut umur atau fase perkembangan tanaman. Sebenarnya perubahan nilai ETc tersebut berkaitan dengan luas penutupan tajuk tanaman sebagai bidang penguapan. Dalam perencanaan irigasi, ETc dianggap merupakan kebutuhan air optimum tanaman yang didekati dari:

$$\text{ETc} = \text{kc} \times \text{ETo}$$

dengan kc koefisien tanaman yang tergantung umur atau fase perkembangan tanaman. Sebagai misal tomat mempunyai nilai koefisien tanaman pada awal fase pertumbuhan ( $\text{kc}_{\text{ini}} = 0.6$ ), pada fase pertengahan ( $\text{kc}_{\text{mid}} = 1.15$ ) dan pada fase akhir ( $\text{kc}_{\text{end}} = 0.7-0.9$ ) (Doorenbos & Pruitt 1977). Nilai  $\text{kc} > 2$  dapat terjadi dari suatu area kecil bervegetasi yang dikelilingi oleh lingkungan dengan kelembaban udara yang rendah, suhu uadar yang tinggi dan kecepatan angin yang tinggi; suatu kondisi yang dikenal dengan *clothlines and oasis effects* (Allen *et al.* 1998); dimana bahang terasa (*sensible heat*) dalam jumlah

yang besar yang dihasilkan dari lingkungan diadveksikan secara horisontal ke arah areal bervegetasi tersebut.

Koefisien tanaman (Kc) menggambarkan laju kehilangan air secara drastis pada fase-fase pertumbuhan tanaman, dan menggambarkan keseimbangan komponen-komponen energi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (FAO 2001). Nilai koefisien yang digunakan dalam pengelolaan air bagi tanaman jagung disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. **Koefisien tanaman yang digunakan dalam tanaman jagung**

Karakteristik Tanaman	Periode Pertumbuhan				Total
	Awal	Fase Perkembangan tanaman	Fase Pertengahan Musim	Fase Pematangan/Pengisian Biji	
Tahapan Perkembangan	25 hari	40 hari	40 hari	35 hari	135 hari
Koefisien tanaman (kc)	0,3	0,4 – 1,1	1,1– 1,2	0,5	-
Faktor respon hasil (ky)	0,4	0,4	1,30	0,5	1,25
Kedalaman akar	0,3	>>	>>	1,00	-
Koefisien deplesi (p)	0,5	0,5	0,5	0,8	-

Sumber : FAO, 2001

### **Evapotranspirasi aktual**

*Evapotranspirasi aktual* (ETa) menggambarkan laju kehilangan air dari suatu lahan bertanaman pada suatu kondisi aktual iklim, tanaman dan lingkungan tumbuh serta pengelolaan. Nilai ETa akan lebih kecil dari ETo pada keadaan penutupan tajuk belum penuh, permukaan tanah yang kering, atau ketika terjadi peningkatan tahanan stomata karena terbatasnya air tanah yang tersedia. Kondisi lingkungan dan

pengelolaan yang tidak optimal juga mempengaruhi ETa. Sebagai misal, pengaruh stress air akibat terbatasnya kadar air tanah di zona perakaran, memberikan kontribusi pendugaan Nilai ETa sesuai persamaan berikut:

$$\text{Eta} = \text{kc} \times \text{ks} \times \text{ETo}$$

dengan ks adalah koefisien cekaman air (*water stress coefficient*), yang nilainya berkisar 0 – 1. Nilai ks = 1 apabila kadar air tanah berada di atas kadar kritis. Di bawah kadar kritis, nilai ks menurun secara proporsional dari ks = 1 dan mencapai ks = 0 saat semua air tanah tersedia di dalam zona perakaran telah habis diekstrak oleh tanaman.

### ***Beberapa Metode Pendugaan Evapotranspirasi***

#### ***1. Metode Evaporasi Panci Klas A***

Metode evaporasi panci klas A merupakan metode paling sederhana berupa bejana pelat besi bulat terbuka dengan diameter bukaan 120.7 cm dan tinggi 25 cm. Level air (*water level*) di dalam bejana dipertahankan pada ketinggian sekitar 5 cm dari pinggir atas bejana (*rim*). Lingkungan di sekitar panci sebaiknya bebas halangan agar sirkulasi udara lancar. Pembacaan evaporasi dilakukan dengan micrometer khusus berujung mata kail yang ditempatkan pada tabung khusus (*stilling well*). Mata kail ini pada pembacaan pertama diusahakan tepat menyentuh permukaan air. Mata kail akan disesuaikan dengan ketinggian air pada pembacaan

berikutnya. Selisih pembacaan, setelah dikoreksi dengan tinggi curah hujan, merupakan nilai evaporasi.

## 2. **Metode Thornthwaite**

Metode Thornthwaite merupakan metode pendugaan evaporasi yang memanfaatkan suhu udara sebagai indeks ketersediaan energy panas untuk berlangsungnya proses evaporasi dengan asumsi suhu udara tersebut berkorelasi dengan efek radiasi matahari dan unsure lain.

$$ET = 1,6 \left( \frac{10 \times T}{i} \right)^A$$

- Ket :  $ET$  = evaporasi bulanan (30 hari, 1 hari = 12 jam)  
 $T$  = suhu rata-rata bulanan ( $^{\circ}C$ )  
 $I$  = indeks penyinaran matahari tahunan  
 $A$  = koefisien yang tergantung tempat

## 3. **Metode Blaney – Criddle**

Metode Blaney – Criddle merupakan metode pendugaan evapotranspirasi yang didasarkan bahwa evapotranspirasi bervariasi sesuai dengan keadaan temperatur, lamanya penyinaran matahari/siang hari, kelembaban udara dan kebutuhan tanaman.

$$ET = \frac{k \times p \times T}{100}$$

- Ket :  $ET$  = evapotranspirasi  
 $k$  = faktor pertanian empiris, bervariasi menurut tipe pertanian serta tahap peertumbuhan.  
 $p$  = persentase penyinaran matahari per bulan dalam waktu satu tahun  
 $T$  = suhu rata-rata bulanan ( $^{\circ}C$ )

Dimodifikasi oleh FAO (Food Agriculture Organization) menjadi :

$$ET = C[\gamma(0,46T + 8)]$$

- Ket :  $ET$  = *evapotranspirasi*  
 $C$  = *faktor koreksi berupa kelembaban relative, penyinaran matahari dan kecepatan angin*  
 $\gamma$  = *persentase rasio penyinaran matahari*  
 $T$  = *suhu rata-rata bulanan (°C)*

#### 4. Metode Penman

Metode Penman merupakan metode pendugaan evapotranspirasi dari jumlah evaporasi maksimum dan transpirasi maksimum dimana evaporasi maksimum dihitung sebanding dengan transmisi energi radiasi surya melalui tajuk tanaman berdasarkan Hukum Beer. Metode Penman juga kombinasi dari neraca radiasi dan perpindahan uap air secara aerodinamik. Perhitungan evaporasi maksimum dan transpirasi maksimum :

$$ET_m = [\Delta Q_n + \gamma \int(u)(e_s - e_a)] / [\lambda(\Delta + \gamma)]$$

$$E_m = ET_m \times (e^{-k \cdot LD}) \quad (\text{Hukum Beer})$$

- Ket :  $ET_m$  = *evapotranspirasi maksimum*  
 $\Delta$  = *kemiringan kurva hubungan antara tekanan uap air jenuh dan suhu udara (PaK<sup>-1</sup>)*  
 $Q_n$  = *radiasi netto (Wm<sup>-2</sup>)*  
 $\gamma$  = *tetapan psikometer (66,1 Pa°C<sup>-1</sup>)*  
 $\int(u)$  = *fungsi aerodinamik (MJm<sup>-2</sup>Pa<sup>-1</sup>)*  
 $e_s - e_a$  = *defisit tekanan uap air (Pa)*  
 $\lambda$  = *panas spesifik untuk penguapan (2,454 MJkg<sup>-1</sup>)*  
 $e$  = *bilangan dasar logaritma (2,7183)*  
 $k$  = *koefisien pepadaman*

- $ILD$  = Indeks Luas Daun
- $Em$  = evaporasi maksimum
- $Tm$  = transpirasi maksimum

### 5. Metode FAO Penman-Monteith

Metode FAO Penman-Monteith merupakan metode yang direkomendasikan oleh FAO sebagai metode standar yang diadopsi dari metode Penman yang dikombinasikan dengan tahanan aerodinamik dan tahanan permukaan tajuk tanaman (Allen *et al.*, 1998) dengan persamaan :

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma(900/(T + 273) U_2 (e_s - e_a))}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

- Ket :  $ET_o$  = evapotranspirasi standar ( $mm \text{ hari}^{-1}$ )  
 $R_n$  = radiasi netto pada permukaan tanaman ( $MJ \text{ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ )  
 $G$  = kerapatan flux bahang tanah harian ( $\approx 0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ )  
 $u_2$  = rata-rata kecepatan angin ketinggian 2 meter ( $m \text{ detik}^{-1}$ )  
 $e_s$  = tekanan uap jenuh (kPa)  
 $e_a$  = tekanan uap aktual (kPa)  
 $\Delta$  = slope kurva tekanan uap ( $kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ )  
 $\gamma$  = konstanta psikrometrik ( $\approx 0.0667 \text{ kPa } ^\circ C^{-1}$ )  
 $T$  = suhu udara rata-rata ( $^\circ C$ )

### B. Kebutuhan Air Tanaman (Crop Water Requirement)

Kebutuhan air tanaman (*crop water requirement*) adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi tanaman sehat, kondisi tanah tidak mempunyai kendala (kendala lengas tanah dan kesuburan) dan mencapai produksi penuh pada kondisi tertentu Faktor-faktor yang menentukan besarnya kebutuhan air irigasi untuk tanaman :



### 1. Jenis tanaman

Tanaman padi membutuhkan lebih banyak air dibandingkan tanaman lainnya seperti palawija.

### 2. Jenis tanah

Tanah berpasir berbeda dengan jenis tanah lempung atau lumpur.

### 3. Kehilangan Air

Kehilangan air disini berupa kebocoran dari saluran kadang bisa menjadi besar dan bukan dari penguapan (evapotranspirasi).

### 4. Pemakaian Air

Cara pemakaian air harus dipilih agar cara yang dilakukan hemat.

Perhitungan kebutuhan air tanaman meliputi kebutuhan air irigasi (NFR) didekati dengan parameter :

1. Kebutuhan air untuk tanaman (ETc)
2. Kebutuhan air akibat perkolasi dan rembesan (P)
3. Kebutuhan air untuk pergantian lapisan air (WLR)
4. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (PL)
5. Curah hujan efektif (Ref)

Analisis kebutuhan air irigasi merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Kebutuhan air tanaman didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh dan produksi secara normal. Kebutuhan air nyata untuk areal usaha pertanian meliputi evapotranspirasi (ET), sejumlah air yang dibutuhkan untuk

pengoperasian secara khusus seperti penyiapan lahan dan penggantian air, serta kehilangan selama pemakaian. Analisis kebutuhan air untuk tanaman meliputi beberapa tahapan antara lain :

#### 1. Pola tanam

Budi daya jagung umumnya dilakukan pada lahan kering dan lahan sawah. Tipe lahan dibedakan menjadi lahan kering beriklim kering, lahan kering beriklim basah, lahan tadah hujan, dan lahan sawah irigasi. Masing-masing tipe lahan tersebut menggambarkan pola tanam jagung sesuai dengan ketersediaan air yang mencirikan tipe lahannya. Berdasarkan peluang kejadian hujan, pola tanam jagung umumnya adalah :

Lahan kering beriklim kering : jagung – bera – bera  
jagung – jagung – bera

Lahan kering beriklim basah : jagung – jagung – jagung  
jagung – jagung – bera

Lahan tadah hujan : padi – bera – bera  
padi – jagung – bera

Lahan sawah irigasi : padi– padi– jagung  
padi – jagung – jagung

Pada lahan kering beriklim kering dataran rendah : jagung – jagung - bera dapat diterapkan apabila terdapat jaminan tambahan air irigasi melalui air tanah dangkal. Drainase lahan diperlukan untuk mempercepat waktu tanam jagung setelah panen padi. Untuk pola tanam padi-jagungjagung pada lahan sawah tadah hujan, selain drainase juga

diperlukan tambahan irigasi dari sumber air tanah dangkal atau air permukaan.

## 2. Penentuan koefisien tanaman

Penentuan koefisien tanaman ( $K_c$ ) sangat diperlukan untuk dapat mengetahui jumlah air yang tepat untuk disuplai di lahan budidaya. Jumlah air tersebut diharapkan sesuai dengan nilai evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi di lahan. Analisis kebutuhan air dan nilai  $K_c$  tanaman untuk perencanaan dan efisiensi irigasi pada berbagai lahan.

## 3. Evapotranspirasi

Untuk menghitung evapotranspirasi tanaman direkomendasikan 3 tahapan yaitu

- ✓ Pengaruh iklim terhadap kebutuhan air tanaman diberikan oleh  $E_{To}$  (evapotranspirasi standar/acuan), yaitu "laju evapotranspirasi dari permukaan berumput luas setinggi 8-15 cm, rumput hijau yang tingginya seragam, tumbuh aktif, secara lengkap menaungi permukaan tanah dan tidak kekurangan air".
- ✓ Pengaruh karakteristik tanaman terhadap kebutuhan air tanaman diberikan oleh koefisien tanaman ( $k_c$ ) yang menyatakan hubungan antara  $E_{To}$  dan  $E_T$  tanaman ( $E_{T\text{tanaman}} = k_c \cdot E_{To}$ ). Nilai-nilai  $k_c$  beragam dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan tanaman, musim pertumbuhan, dan kondisi cuaca yang ada.
- ✓ Pengaruh kondisi lokal dan praktek pertanian terhadap kebutuhan air tanaman, termasuk variasi

lokal cuaca, tinggi tempat, ukuran petak lahan, adveksi angin, ketersediaan lengas lahan, salinitas, metode irigasi dan kultivasi tanaman.

#### 4. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Kebutuhan air untuk pertanian merupakan besarnya kebutuhan air pada suatu daerah agar tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik dan memberikan hasil yang memuaskan. Kebutuhan air secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Penggunaan air sering kurang hati-hati dalam pemakaian dan pemanfaatannya sehingga diperlukan upaya untuk mengatur keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air melalui pengembangan, pelestarian, perbaikan dan perlindungan.

Beberapa pendekatan dapat digunakan untuk perencanaan pemanfaatan sumberdaya air secara optimal dalam sistem produksi pertanian. Informasi pokok yang diperlukan adalah mengenai sumberdaya air, lahan dan tanaman. Khusus dalam kaitannya dengan pekarangan, maka informasi yang diperlukan adalah sumberdaya air (air hujan, air tanah dan air irigasi permukaan), sifat dari ciri tanah, dan syarat tumbuh berbagai tanaman pekarangan. Berdasarkan atas informasi ini maka baru dapat disusun alternatif sistem produksi pada lahan pekarangan. Beberapa parameter penting adalah:

##### 1. Pemilihan tanaman

Beberapa faktor yang juga harus dipertimbangkan adalah jumlah air yang tersedia, kondisi tanah dan iklim, preferensi petani, kebutuhan tenaga kerja dan modal, peluang pasar dan tingkat teknologi. Penyusunan pola tanam dilakukan sesuai dengan neraca lengas lahan.

2. Intensitas pertanaman (***Cropping intensity***)

Seringkali intensitas ini bervariasi antar waktu (musim) dan lokasi lahan. Hal ini berkaitan erat dengan tingkat investasi.

3. Tingkat penyediaan air irigasi ditentukan oleh ketersediaan air irigasi, neraca lengas lahan, pola tanam dan intensitas pertanaman. Suplai air tersedia dapat dinyatakan sebagai :

(a) kekurangan irigasi musiman tidak boleh melampaui 50% dari suplai air yang diperlukan selama satu tahun tertentu

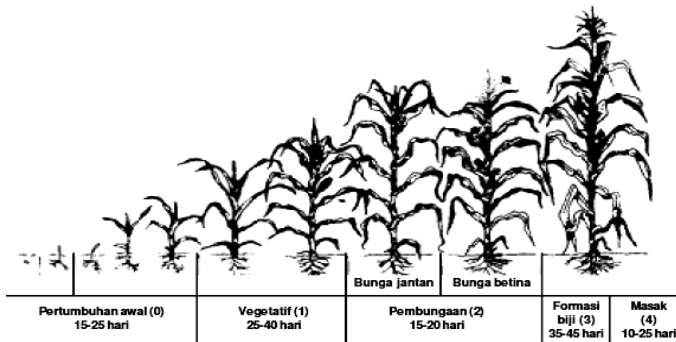
(b) jumlah kekurangan irigasi tidak boleh melebihi 150% dari suplai air yang diperlukan dalam periode 25 tahun. Informasi sangat penting adalah periode-periode kapan kekurangan air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

4. Metode irigasi

Pemilihan metode irigasi harus dilakukan pada awal periode perencanaan. Pertimbangannya meliputi investasi, efisiensi penggunaan air, kemudahan penerapan, dan kesesuaian dengan kondisi lokal, erodibilitas tanah, laju infiltrasi, salinitas air dan lainnya.

Jagung merupakan tanaman dengan tingkat penggunaan air sedang, berkisar antara 400 - 500 mm. Namun demikian, budi daya jagung terkendala oleh tidak tersedianya air dalam jumlah dan waktu yang tepat. Khusus pada lahan sawah tadah hujan dataran rendah, masih tersisanya lengas tanah dalam jumlah yang berlebihan akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Sementara itu, penundaaan waktu tanam akan menyebabkan terjadinya cekaman kekurangan air pada fase pertumbuhan sampai pembentukan biji. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi pengelolaan air bagi tanaman jagung.

Farre dan Faci (2009) menyatakan bahwa respon stres air pada jagung berupa penurunan biomassa vegetatif jagung, terhambatnya fase pengisian biji dan turunnya bobot biji jagung. Koefisien tanaman ( $K_c$ ) menggambarkan laju kehilangan air secara drastis pada fase-fase pertumbuhan tanaman, dan menggambarkan keseimbangan komponen-komponen energi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman memperlihatkan tahapan pertumbuhan jagung dan koefisien tanaman yang digunakan untuk mengatur pemberian air. Koefisien tanaman mempunyai nilai antara 0,30 pada fase awal, 0,4 – 1,1 pada fase pertumbuhan, 1,2 pada fase pematangan/pengisian biji, dan 0,5 pada fase akhir menjelang panen. Nilai koefisien yang digunakan dalam pengelolaan air bagi tanaman jagung.



Gambar 6. Skema fase pertumbuhan jagung

Pada Gambar 6 terlihat bahwa tanaman jagung lebih toleran terhadap kekurangan air pada fase vegetatif (fase 1) dan fase pematangan/masak (fase 4). Penurunan hasil terbesar terjadi apabila tanaman mengalami kekurangan air pada fase pembungaan, bunga jantan dan bunga betina muncul, dan pada saat terjadi proses penyerbukan (fase 2). Penurunan hasil tersebut disebabkan oleh kekurangan air yang mengakibatkan terhambatnya proses pengisian biji karena bunga betina/tongkol mengering, sehingga jumlah biji dalam tongkol berkurang. Hal ini tidak terjadi apabila kekurangan air terjadi pada fase vegetatif. Kekurangan air pada fase pengisian/pembentukan biji (fase 3) juga dapat menurunkan hasil secara nyata akibat mengecilnya ukuran biji. Kekurangan air pada fase pemasakan/ pematangan (fase 4) sangat kecil pengaruhnya terhadap hasil tanaman.

Dalam kondisi tidak ada hujan dan ketersediaan air irigasi sangat terbatas maka pemberian air bagi tanaman

dapat dikurangi dan difokuskan pada periode pembungaan (fase 2) dan pembentukan biji (fase 3). Pemberian air selama fase vegetatif dapat dikurangi. Dengan irigasi yang tepat waktu dan tepat jumlah maka diharapkan akan didapatkan hasil jagung 6 - 9 t/ha (kadar air 10-13%), dengan efisiensi penggunaan air 0,8-1,6 kg/m<sup>3</sup>.

Metode pemberian air bagi tanaman jagung ke dalam lima metode yaitu:

1. Model genangan
2. Model alur (*furrow*)
3. Model bawah permukaan (*sub surface*)
4. Model pancaran (*sprinkler*)
5. Model tetes (*drip*)

Di antara model tersebut, pemberian air dengan metode alur paling banyak diterapkan dalam budi daya jagung. Dengan metode ini air diberikan melalui alur-alur di sepanjang baris tanaman. Dengan penggunaan alur untuk mendistribusikan air, kebutuhan pembasahan hanya sebagian dari permukaan (1/2-1/5) sehingga mengurangi kehilangan air akibat penguapan, mengurangi pelumpuran tanah berat, dan memungkinkan untuk mengolah tanah lebih cepat setelah pemberian air.



# NERACA AIR

Neraca air adalah model hubungan kuantitatif antara jumlah air yang tersedia di atas dan di dalam tanah dengan jumlah curah hujan yang jatuh pada luasan dan kurun waktu tertentu. Neraca air lahan merupakan pola keseimbangan yang terjadi antara jumlah air yang masuk (*inflow*) dan jumlah air yang keluar (*outflow*) pada suatu sistem/lahan di suatu daerah dalam periode tertentu. Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya.

Pada keadaan alami sistem hidrologi berada pada keseimbangan jangka panjang. Persamaan neraca air menyatakan hubungan antara komponen-komponen penyusunnya. Menurut Arsyad (2006) persamaan neraca air dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Air yang diterima} - \text{Air hilang} = \text{Air tersimpan}$$

Tabel 4. **Komponen neraca air**

(Air diterima)	(Air hilang)	(Air tersimpan)
<b>Presipitasi cair :</b>	Aliran permukaan	Simpanan intersepsi
- Kabut	- Infiltrasi	- Perubahan kandungan air tanah
- Embun	- Perkolasi	- Simpanan permukaan
- Gerimis	- Evaporasi	(simpanan depresi)
- Hujan	- Transpirasi	
<b>Presipitasi padat:</b>		
- Salju,		
- Hujan es		

Semua komponen neraca air tersebut dihitung dengan istilah jeluk/curah dalam satuan milimeter. Jeluk/curah dalam bentuk milimeter didapatkan dengan konversi per unit area. Persamaan neraca air pada Viessman (1997) ialah sebagai berikut :

$$P - R - G - E - T = \Delta S$$

Keterangan : *P = Presipitasi*

*E = Evaporasi*

*R = Limpasan permukaan*

*T = Transpirasi*

*G = Aliran air tanah*

*ΔS = Simpanan*

Pada suatu areal pertanian, masukan dan keluaran air dituliskan dalam bentuk neraca air (Handoko, 1995) :

$$\mathbf{CH + I = D + R_o + ETP + \Delta KAT}$$

- Keterangan : *CH* = Curah hujan  
*I* = Irigasi  
*D* = Drainase  
*Rn* = Run off (aliran permukaan)  
*ETP* = Evapotranspirasi  
 $\Delta KAT$  = Perubahan Kandungan Air Tanah

Berdasarkan persamaan di atas terdapat komponen perubahan cadangan air tanah yang menentukan kondisi deficit atau surplus dari analisis neraca air pada suatu lokasi. Kondisi deficit (*D*) terjadi jika  $CH < ETP$  sehingga pemenuhannya digunakan *KAT*. Sebaliknya surplus terjadi jika  $CH > ETP$ , namun kelebihan air tersebut pertama kali digunakan untuk memenuhi *KAT* dan selanjutnya air berlebih dijadikan *Rn* (aliran permukaan).

Kesetimbangan air dalam suatu sistem tanah-tanaman dapat digambarkan melalui sejumlah proses aliran air yang kejadiannya berlangsung dalam satuan waktu yang berbeda-beda. Beberapa proses aliran air dan kisaran waktu kejadiannya yang dinilai penting adalah :

1. Hujan atau irigasi (mungkin dengan tambahan aliran permukaan yang masuk ke petak atau *run-on*) dan pembagiannya menjadi infiltrasi dan limpasan permukaan (dan/atau genangan di permukaan) dalam skala waktu detik sampai menit. Infiltrasi ke dalam tanah dan drainasi dari dalam tanah melalui lapisan- lapisan dalam tanah

dan/atau lewat jalan pintas seperti retakan yang dinamakan *by-pass flow* dalam skala waktu menit sampai jam. Drainasi lanjutan dan aliran bertahap untuk menuju kepada kesetimbangan hidrostatik dalam skala waktu jam sampai hari.

2. Pengaliran larutan tanah antara lapisan-lapisan tanah melalui aliran massa (*mass flow*). Penguapan atau evaporasi dari permukaan tanah dalam skala waktu jam sampai hari.
3. Penyerapan air oleh tanaman dalam skala waktu jam hingga hari, tetapi sebagian besar terjadi pada siang hari ketika stomata terbuka. Kesetimbangan hidrostatik melalui sistem perakaran dalam skala waktu jam hingga hari, tetapi hampir semua terjadi pada malam hari pada saat transpirasi nyaris tidak terjadi. Pengendali hormonal terhadap transpirasi (memberi tanda terjadinya kekurangan air) dalam skala waktu jam hingga minggu.
4. Perubahan volume ruangan pori makro (dan hal lain yang berkaitan) akibat penutupan dan pembukaan rekahan (retakan) tanah yang mengembang dan mengerut serta pembentukan dan penghancuran pori makro oleh hewan makro dan akar. Peristiwa ini terjadi dalam skala waktu hari hingga minggu. Pengaruh utama kejadian adalah terhadap aliran air melalui jalan pintas (*by-pass flow*) dan penghambatan proses pencucian unsur hara.

Ada 3 model neraca air yang didasarkan pada tujuan penggunaannya yakni :

1. Neraca air umum disusun menurut konsep klimatologi dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya periode basah (surplus air) dan periode kering (defisit air) pada suatu wilayah yang umum.
2. Neraca air lahan pertanian yaitu neraca air yang memperhatikan sifat dan perilaku tanah terhadap atmosfer. Sebagai penunjang diperlukan data fisik tanah terutama kandungan air pada kapasitas lapang, titik layu permanen, air tersedia (*water holding capacity*). Kapasitas lapang (*Field Capacity*) adalah kondisi lengas tanah (tegangan  $1/3$  bar) optimum setelah drainase air secara gravitasi menjadi sangat lambat dan relatif stabil dan biasanya dicapai setelah 1 s/d 3 hari setelah pembasahan air hujan atau irigasi. Titik layu permanen (*Permanent Wilting Point*) adalah kondisi lengas tanah (tegangan 15 bar) defisit dimana tanaman sudah tidak mampu lagi menyerap air untuk transpirasi. Air tersedia (*water holding capacity*) adalah yaitu selisih antara kondisi pada kapasitas lapang (tegangan  $1/3$  bar) dan titik layu permanen (tegangan 15 bar).
3. Neraca air tanaman, ruang lingkup pemakaian lebih sempit karena berlaku hanya untuk jenis tanaman tertentu selama periode pertumbuhannya. Neraca air tanaman merupakan penggabungan data klimatologis, data tanah, dan data tanaman. Neraca air ini dibuat untuk tujuan khusus pada jenis tanaman tertentu. Data tanaman yang

digunakan adalah data koefisien tanaman pada komponen keluaran dari neraca air. Neraca air adalah gambaran potensi dan pemanfaatan sumberdaya air dalam periode tertentu. Dari neraca air ini dapat diketahui potensi sumberdaya air yang masih belum dimanfaatkan dengan optimal.

Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (*change in storage*). Nilai perubahan air cadangan ini dapat bertanda positif atau negatif. Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu. Manfaat umum dari analisis neraca air antara lain :

1. Mengetahui periode musim kemarau dan musim hujan berdasarkan perimbangan antara curah hujan dan evapotranspirasi (ETP)
2. Memilih jenis tanaman dan mengatur jadwal tanam dan panen serta mengatur kombinasi tanaman tumpang sari jika diperlukan.
3. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk keperluan pertanian seperti tanaman pangan hortikultura, perkebunan, kehutanan hingga perikanan.
4. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya.
5. Mengatur pemberian irigasi baik jumlah maupun waktu sesuai dengan keperluan.

## **A. Komponen Neraca Air**

Dalam menghitung neraca air ada beberapa komponen yang perlu di perhatikan,antara lain :

- **Kandungan air tanah**  
Kandungan air dalam tanah merupakan jumlah air yang terkandung dalam tanah sedalam jelah akar tanaman satu (1) meter.
- **Infiltrasi**  
Infiltrasi adalah proses perpindahan air dari atas ke dalam permukaan tanah melalui pori-pori permukaan tanah (*top soil*). Nilai penting infiltrasi yakni :
  - ✓ mengurangi besarnya banjir dan erosi tanah,
  - ✓ memberikan air bagi vegetasi,
  - ✓ mengisi kembali reservoir air bumi,
  - ✓ mengisi air ke sungai pada saat musim kemarau.
- **Run off**
- **Evapotranspirasi**  
Kehilangan air dari tanah terjadi melalui dua proses yang berbeda, yaitu melalui evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi dari permukaan daun.
- **Curah hujan**  
Hujan (*rain*) adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Satuan CH (mm, inch). Hari Hujan adalah periode sehari semalam dengan  $CH \geq 0.5$  mm. Satuan HH (per bulan, tahun).

- Jenis vegetasi

Dalam konsep siklus hidrologi bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di permukaan bumi dipengaruhi oleh besarnya air yang masuk (input) dan keluar (output) pada jangka waktu tertentu. Semakin cepat siklus hidrologi terjadi maka tingkat neraca air nya semakin dinamis. Kesetimbangan air dalam suatu sistem tanah-tanaman dapat digambarkan melalui sejumlah proses aliran air yang kejadiannya berlangsung dalam satuan waktu yang berbeda-beda.

### ***B. Asumsi Perhitungan Neraca Air Lahan***

- Lahan berupa tanah tadah hujan, dengan masukan tunggal berupa curah hujan
- Prioritas keluaran air secara berurutan adalah untuk memenuhi ETp, infiltrasi hingga kadar air tanah (KAT) mencapai tingkat kapasitas lapang (KL) dan surplus air berupa genangan (surface runoff) serta perkolasi (sub surface runoff).
- Kedalaman tinjau tanah adalah satu meter dengan molekul tanah homogen

Perhitungan neraca air dilakukan untuk memeriksa apakah air yang tersedia cukup memadai kebutuhan air di lokasi yang bersangkutan. Dibedakan adanya tiga unsur pokok:

- a) Tersedianya air
- b) Kebutuhan air
- c) Neraca air



Dalam perhitungan neraca air kebutuhan pengambilan yang dihasilkannya untuk pola tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang bias diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak melimpah dan kadang kadang terjadi kekurangan maka ada 3 pilihan yang bisa dipertimbangkan :

- a) Luas daerah irigasi dikurangi  
Bagian bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi ( luas maksimum ) tidak diairi.
- b) Melakukan modifikasi dalam pola tanam  
Dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah (  $l_t/dt \cdot ha$  ) agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
- c) Rotasi teknis/golongan  
Untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih.

# TINGKAT KEKERINGAN

## **A. Terminologi Kekeringan**

Kekeringan merupakan penurunan kelembaban tanah pada daerah perakaran yang dapat menghambat fungsi fisiologi tanaman. Respon tanaman terhadap kekeringan tergantung pada tingkat dan waktu kekeringan, fase tumbuh dan genotipe (Castillo *et al.*, 2006). Hakim (2008) menyatakan bahwa kekeringan merupakan kejadian kondisi defisit air tanaman pada saat stok air tanah (*water storage*) di bawah kadar air tanah kondisi titik layu permanen karena curah hujan lebih rendah dibanding evapotranspirasi potensial. Ada 2 faktor yang menyebabkan terjadinya kekeringan yaitu perubahan iklim berupa *El nino* dan adanya kerusakan DAS akibat rusaknya daerah hulu karena *illegal logging*. Berdasarkan data curah hujan periode tahun 1975-1999 kejadian kekeringan yang melanda sebagian Indonesia terjadi berulang setiap 5 tahun pada periode tahun 1975-1987 dan pada periode 1987-1999 kejadian kekeringan berulang setiap 3-4 tahun (Pramudia, 2002).

Setiawan (2000) menyatakan bahwa kekeringan (*drought*) adalah keadaan terjadinya kesenjangan (*lag*) antara air tersedia yang jumlahnya defisit dengan air yang

diperlukan jumlahnya lebih besar. Kekeringan menyangkut neraca air antara *inflow* dan *outflow* atau antara presipitasi dan evapotranspirasi. Kekeringan diklasifikasikan menjadi beberapa kriteria Harsoyo (2011) sebagai berikut :

- a. **Kekeringan Meteorologis**; kekeringan dengan kondisi di mana curah hujan sudah berkurang dibanding rata-ratanya baik pada skala bulanan ataupun tahunan. . Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan. Saat ini dalam pemantauan kekeringan dalam klasifikasi kekeringan meteorologis BMKG menggunakan salah satu indikator yaitu Hari Tanpa Hujan (HTH) yang mirip konsep "dryspell". HTH merupakan rangkaian hari di mana tidak terjadi hujan secara berturut yang dihitung mundur dari tanggal waktu pemantauan setiap tanggal 1, 11 dan 21 setiap bulan dengan skala ukuran 5 harian. Skala HTH sebagai berikut :

---

**KLASIFIKASI JUMLAH HARI:**

**Classification (Days) :**

- 1-5 Sangat Pendek (Very Short)
  - 6-10 Pendek (Short)
  - 11-20 Menengah (Moderate)
  - 21-30 Panjang (Long)
  - 31-60 Sangat Panjang (Very Long)
  - >60 Kekeringan Ekstrim(Extreme Drought)
  - Masih Ada hujan (No Drought)
- 

- b. **Kekeringan Hidrologis** ; 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 muka air sungai, waduk, danau dan elevasi muka air tanah. Kekeringan hidrologis bukan merupakan indikasi awal adanya kekeringan. Berdasarkan intensitas kekeringannya, kekeringan hidrologis dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu :

- Kering ; jika debit air sungai mencapai periode ulang aliran di bawah periode 5 tahunan.
  - Sangat kering ; kondisi di mana debit air sungai mencapai periode ulang aliran jauh di bawah periode 25 tahunan.
  - Amat sangat kering ; keadaan yang terjadi pada saat debit air sungai mencapai periode ulang aliran amat jauh di bawah periode 50 tahunan.
- c. **Kekeringan Pertanian** ; berhubungan dengan kekurangan lengas tanah (kandungan air dalam tanah) sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu pada wilayah yang luas. Kebutuhan air untuk tanaman berbeda-beda, akan tergantung pada jenis tanaman, tingkat pertumbuhan tanaman dan keadaan tanah. Kekeringan pertanian ini terjadi setelah gejala kekeringan meteorologi terus berlanjut menjadi kekeringan hidrologis yang kemudian memberi dampak pada produksi pangan dan ternak.
- d. **Kekeringan Sosial Ekonomi** ; berkaitan dengan kekeringan yang memberi dampak terhadap kehidupan sosial ekonomi seperti rusaknya tanaman, peternakan, perikanan, berkurangnya tenaga listrik dari tenaga air, terganggunya

kelancaran transportasi air, menurunnya pasokan air baku untuk industri domestik dan perkotaan.

- e. ***Kekeringan Hidrotopografi***; berkaitan dengan perubahan tinggi muka air sungai antara musim hujan dan musim kering dan topografi lahan.

### ***B. Karakter Lahan Kering dan Penyebarannya***

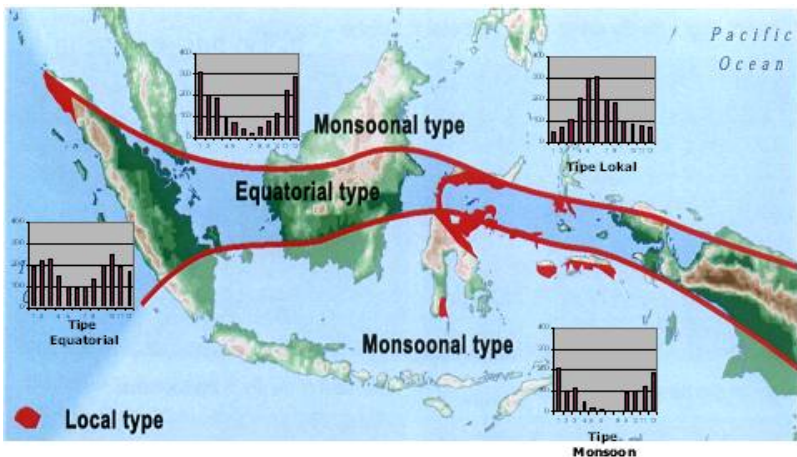
Lahan kering merupakan hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian besar waktu dalam setahun. Istilah lahan kering seringkali digunakan untuk *upland, dryland, atau unirrigated land*. Secara umum berdasarkan penggunaan untuk pertanian lahan kering dikelompokkan menjadi :

- a. Lahan pekarangan
- b. Lahan tegalan/kebun/ladang
- c. Lahan padang rumput
- d. Lahan tidak diusahakan
- e. Lahan untuk kayu-kayuan
- f. Lahan perkebunan

Lahan kering dataran rendah penyebarannya berada pada kondisi iklim basah dan kering pada ketinggian permukaan < 700 m dpl. Iklim basah mempunyai curah hujan tinggi > 1500 mm per tahun dengan durasi hujan relatif panjang sedangkan iklim kering mempunyai curah hujan < 1500 mm per tahun dengan durasi curah hujan pendek sekitar 3 hingga 5 bulan (Irianto dkk., 1998). Ada tiga pola hujan di Indonesia (Aldrian dan Susanto, 2003) yaitu:

1. Pola monsonal yakni bentuk pola hujan yang bersifat unimodal (satu puncak musim hujan) dimana selama enam bulan curah hujan relatif tinggi (disebut musim hujan) dan enam bulan berikutnya rendah (disebut musim kemarau).
2. Pola ekuatorial yakni bentuk pola hujan dengan bentuk bimodal (dua puncak hujan) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober yaitu pada saat matahari berada dekat equator.
3. Pola lokal yakni bentuk pola hujan unimodal (satu puncak hujan) tapi bentuknya berlawanan dengan pola hujan pada tipe monsoon.

Berkaitan dengan anomali iklim, wilayah dengan pola monsonal merupakan wilayah yang paling terpengaruh kejadian anomali iklim.



**Gambar 7.** Pola Curah Hujan di Indonesia

Ada beberapa daerah yang mendapat curah hujan sangat rendah dan ada pula daerah yang mendapat curah hujan tinggi :

1. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata kurang dari 1000 mm per tahun meliputi 0,6 % dari luas wilayah Indonesia diantaranya Nusa Tenggara dan 2 daerah di Sulawesi (Lembah Palu dan Luwuk).
2. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata antara 1000 – 2000 mm per tahun diantaranya sebagian Nusa Tenggara, Merauke, Kepulauan Aru dan Tanibar.
3. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata antara 2000 – 3000 mm per tahun meliputi Sumatera bagian timur, Kalimantan Selatan, sebagian Jawa Barat dan Jawa Tengah, sebagian Papua, Kepulauan Maluku dan sebagian besar Sulawesi
4. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata lebih dari 3000 mm per tahun meliputi dataran tinggi di Sumatera Barat, Kalimantan Tengah, dataran tinggi Papua bagian tengah dan beberapa daerah di Jawa, Bali, Lombok dan Sumba.

Daerah dengan curah hujan tertinggi di Indonesia terdapat di Baturaden Jawa Tengah sebesar 7.069 mm per tahun. Daerah dengan curah hujan terendah di Palu (Sulteng) sebesar 547 mm per tahun.

Tabel 5. **Daerah dengan curah hujan rendah dan tinggi di Indonesia**

No	Daerah Kering	Curah Hujan mm per tahun	No	Daerah Basah	Curah Hujan mm per tahun
1	Palu (Sulteng)	547	1	Baturaden (Jateng)	7069
2	Vemase (NTT)	549	2	Petungkriyono (Jabar)	6649
3	Talisse (NTT)	582	3	Gunung Salak (Jabar)	5476
4	Waipukang (NTT)	718	4	Muara Labuh (Sumbar)	4106
5	Lombok (NTB)	726	5	Indarung (Sumbar)	5913
6	Waimarang (NTT)	753	6	Lubuk Kalung (Sumbar)	4076
7	Melolo (NTT)	768	7	Sacincan (Sumbar)	4445
8	Waingapu (NTT)	768	8	Lubuk Sikaping (Sumbar)	4385
9	Lamakera (NTT)	817	9	Talu (Sumbar)	4315
10	Sape (NTB)	827	10	Sibolga (Sumut)	4662
11	Tanjung Luar (NTB)	831	11	Geumpang (Aceh)	4000
12	Liwa (Lampung)	832	12	Lokop (Aceh)	4013
13	Tawseli (Sulteng)	848	13	Aer Tenan (Aceh)	4295
14	Kapopo (Sulsel)	869	14	Gunung Dempo (Aceh)	5000
15	Asembagus (Jatim)	877	15	Putussibau (Aceh)	4341
16	Labuanbajo (Sulteng)	886	16	Batu Dulang (Kaltim)	4271
17	Lerek (Maluku)	936	17	Long Nawang (Kaltim)	4271
18	Sagu (Maluku)	945	18	Tebang (Kaltim)	4178
19	Maumere (NTT)	954	19	Tokala (Kaltim)	4221
20	Luwuk (Sulteng)	955	20	Pendolo (Kaltim)	5019
21	Naha Gadai (Sulteng)	960	21	Tawibaru (kaltim)	4460
22	Sampalah (Bali)	963	22	Melino (Kaltim)	4230
23	Selong (NTB)	981	23	Kalurang (D.I. Yogya)	4468
24	Arjasa	991	24	Bogor (Jabar)	4230

**Lahan Kering Beriklim Basah**

Mempunyai curah hujan yang tinggi > 2000 mm per tahun dan cukup lama sehingga air cukup tersedia dan peluang masa tanam cukup lama 8 – 12 bulan. Tingginya curah hujan menyebabkan terjadinya pencucian sebagian



besar hara yang cukup intensif, aliran permukaan tinggi sehingga kesuburan fisik kimia tanah rendah.

Kendala lahan kering beriklim basah yakni tingkat produktifitas rendah. Tanah umumnya didominasi ultisol dan oxisol atau tanah masam (pH rendah), miskin unsur hara, kadar bahan organik rendah, kandungan besi dan mangan tinggi, sering mengandung aluminium yang melampaui batas toleransi tanaman, N dan K dari pupuk mudah tercuci, P terfiksasi oleh Fe dan Al.

### ***Lahan Kering Beriklim Kering***

Umumnya mempunyai sifat fisik-kimia tanah yang tingkat kesuburan yang lebih baik dibanding lahan kering beriklim basah. Kandungan hara tinggi, pH netral hingga alkalis, curah hujan rendah menyebabkan pencucian hara relatif rendah.

Kendala yang menonjol yakni ketersediaan air terbatas, curah hujan rendah dan musim kemarau panjang mengakibatkan besarnya laju evapotranspirasi sehingga menimbulkan alkalinitas dan salinitas tanah sehingga keseimbangan hara terganggu. Apabila air cukup serta pengelolaan baik maka produktifitas lahan termasuk tinggi.

Pada lahan kering dataran rendah beriklim kering sering dijumpai tanah liat retak-retak pada musim kemarau berpengaruh pada perakaran tanaman. Tanahnya berkembang dari batu gamping, napal, atau bahan vulkan. Penyebarannya di daerah Jawa Timur, Gorontalo dan Flores.

Tabel 6. Luas Lahan Kering Beriklim Kering dan Beriklim Basah di Indonesia

Propinsi	Lahan Beriklim Basah	Lahan Beriklim Kering
<b>Sumatera</b>	<b>4.666.655</b>	<b>132.420</b>
Aceh	30.630	132.420
Sumatera Utara	340.000	-
Sumatera Barat	211.270	-
Riau	373.470	-
Jambi	811.645	-
Sumatera Selatan	1.820.490	-
Bangka Belitung	-	-
Bengkulu	166.510	-
Lampung	912.640	-
<b>Jawa</b>	<b>371.760</b>	<b>546.240</b>
Jawa Barat	205.070	-
Banten	27.680	-
Jawa Tengah	49.175	108.130
D.I. Yogyakarta	8.285	-
Jawa Timur	81.550	438.110
<b>Bali dan Nusa Tenggara</b>	<b>73.625</b>	<b>1.018.290</b>
Bali	19.520	265
Nusa Tenggara Barat	11.745	323.375
Nusa Tenggara Timur	42.360	685.650
<b>Kalimantan</b>	<b>10.180.160</b>	-
Kalimantan Barat	2.678.445	-
Kalimantan Tengah	1.500.160	-
Kalimantan Selatan	982.230	-
Kalimantan Timur	5.019.325	-
<b>Sulawesi</b>	<b>183.243</b>	<b>767.875</b>
Sulawesi Utara	-	-
Gorontalo	5.290	92.810
Sulawesi Tengah	1.430	93.455
Sulawesi Selatan	168.070	104.120
Sulawesi Tenggara	8.453	477.490
<b>Maluku dan Papua</b>	<b>4.206.024</b>	<b>153.410</b>
Papua dan Papua Barat	4.105.495	28.270
Maluku	100.529	62.920
Maluku Utara	-	62.220
<b>INDONESIA</b>	<b>19.688.870</b>	<b>2.618.250</b>

Sumber : Tim Pusiittanak, 1996

Risiko penurunan ketersediaan air yang sangat tinggi terdapat di wilayah Jawa-Bali, khususnya di Jawa Barat bagian utara dan selatan, Jawa Tengah dan Jawa Timur bagian tengah dan selatan; di wilayah perkotaan Sumatera; Bali; Nusatenggara; dan Sulawesi Selatan. Pada saat bersamaan, risiko kekeringan sangat tinggi umumnya terdapat di kawasan terbatas di bagian tengah Jawa; Sumatera bagian utara; dan sedikit di Nusa Tenggara. Dengan demikian hal ini dapat mengancam kegiatan pertanian dan perkotaan yang membutuhkan pasokan air.

Lahan kering di Indonesia merupakan modal besar yang dapat mendukung dalam pengembangan dan peningkatan produksi pertanian khususnya pangan. Lahan kering merupakan salah satu sumberdaya yang mempunyai potensi besar untuk ketahanan pangan maupun pembangunan pertanian lainnya. Berdasarkan pertimbangan faktor potensi lahan, kondisi fisik lingkungan, keadaan sosial ekonomi penduduk untuk mendukung ketahanan pangan dan kemandirian pangan nasional dapat ditempuh melalui program jangka pendek dan jangka panjang.

Program jangka pendek adalah upaya-upaya yang terkoordinasi untuk membangun pertanian lahan kering yang produktif dengan memasyarakatkan teknologi dan inovasi baru melalui pendekatan pengelolaan tanaman dan sumberdaya lahan terpadu. Salah satu peluang untuk peningkatan produksi melalui memanfaatkan sumberdaya

iklim terutama curah hujan seoptimal mungkin untuk perencanaan masa tanam dan menghindari resiko kekeringan. Pada lahan kering beriklim basah (curah hujan > 2000 mm per tahun) berpeluang masa tanam selama 6 bulan (terdapat di Sumatera, Jawa barat, Jawa Tengah, Kalimantan dan Papua). Pada lahan kering beriklim kering (curah hujan < 2000 mm per tahun) berpeluang masa tanam kurang dari 6 bulan (terdapat di Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi).

# DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor. IPB Press
- Amien Istiqlal, Hidayat P, Pasandaran E. 2005. *Sistem Informasi Sumberdaya Iklim dan Air*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
- Aldrian, E., and R. D. Susanto, 2003. *Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature*. International Journal of Climatology, 23, 1435-1452.
- Allen G. R., L. S. Pereira., D. Raes., M. Smith. 1998. *Crop Evapotranspirations (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Bappenas, 2010. *Indonesian Climate Change Sectoral Roadmap – ICCSR : Basis Saintifik : Analisis dan Proyeksi Temperatur dan Curah Hujan*. Bappenas. Jakarta.
- Castillo, E.G., T.P. Tuong, U. Singh, K. Inubushi, J. Padilla. 2006. *Drought response of dry seeded rice to water stress timing, N-fertilizer rates and sources*. Soil Sci. Plant Nutr. 52:496-508.
- Dorenbos, J.W. and Pruitt, W.O. 1977. *Crop Water Requirements*: FAO Irrigation and Drainage Paper, 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

- Farre, I., J. M. Faci. 2009. *Deficit Irrigation In Maize for Reducing Agricultural Water Use In a Mediterranean Environment*. J. Agricultural Water Management. 96. 383 – 394.
- Hakim, Luthful M. 2008. *Model Pendugaan Banjir dan Kekeringan (Studi Kasus di DAS Separi Kutai Kertanegara Kalimantan Timur)*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harsoyo, Budi. 2011. *Analisis Neraca Air dan Indeks Kekeringan di Daerah Tangkapan Air dan Daerah Irigasi Waduk Jatiluhur*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Irawan, Bambang. 2003. *Stabilization of upaln agriculture undr El-Nino Induced. Climatic Risk Impact Assessment and mitigation measures in Indonesia*. Economic and Social Commission for Asia and The Pacific. CGPRT Centre Working Paper No.62. United Nations.
- Irawan, Bambang. 2006. *Fenomena Anomali Iklim El nino dan La nina : Kecenderungan jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Pangan*. Forum Penelitian Agroekonomi. Vol 24 No. 1. 28 – 45. <https://media.neliti.com/media/publications/56299-ID-fenomena-anomali-iklim-el-nino-dan-la-ni.pdf>
- Irianto, G., H. Sosiawan., S. Karama. 1998. *Strategi Pembangunan Pertanian Lahan Kering Untuk Mengantisipasi Persaingan Global*. Prosising Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Utama. Publikasi No. 04-2b/Puslittanak/2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.

- Kementerian Lingkungan Hidup, 2010. *Indonesia Second National Communication Under The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Jakarta
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). 2014. *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). Jakarta.
- Las, I. dkk. 1999. *Laporan Hasil Penelitian Analisis Peluang Penyimpangan Iklim dan Ketersediaan Air pada Wilayah Pengembangan IP Padi 300*. Puslittanak-P2KP3ARMP-II. Badan Litbang Pertanian.
- Pramudia A. 2002. *Analisis Sensitivitas Tingkat Kerawanan Produksi Padi di Pantai Utara Jawa Barat Terhadap Kekeringan dan El nino*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiawan, Chandra Arif. 2000. *Analisis Wilayah Rawan Kekeringan untuk Pengembangan Sistem Usaha Pertanian Padi Gogo di Sulawesi Tenggara*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Soetarto, A., Jasis, S.W. G. Subroto, M. Siswanto dan E. Sudyanto. 2001. *Sistem Peramalan Dan Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) Mendukung Sistem Produksi Padi Berkelanjutan. Dalam Implementasi Kebijakan Strategic untuk Meningkatkan Produksi Padi Berwawasan Agribisnis dan Lingkungan*. Las eds. Puslibang Tanaman Pangan.

- Thorton, K. Philip., Peter G. Jones., Gopal Alagarswamy., Jeff Anderson., Mario Herrero. 2010. *Adapting to climate change: Agricultural system and household impacts in East Africa*. Agricultural Systems J. 103. 73 – 82.
- Tim Pუსlitanaк. 1996. *Kerangka Acuan Evaluasi Sumberdaya Lahan untuk Menunjang Penataan Ruang Wilayah Propinsi Daerah Tingkat I (RTRWPD) Versi 1.0*. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Viessman WJr, Lewis GL. 1997. *Introduction to Hydrology Fourth Edition*. New Jersey: Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Widiarta, I., D. Kusdiana., Julianto. 2001. *Fenomena Tungro Pada IP Padi 300 day Pengendalian Kuratif Super-Impose Pada Awal Stadia Vegetatif Berdasarkan Deteksi Dini*. Prosiding Seminar asional Pengelolaan Sumber Alam untuk Mencapai Produktivitas Optimum Berkelanjutan. Bandar Lampung 26-27 Juni 2001.



### Biodata Penulis :



Penulis bekerja sebagai staf pengajar Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo di jurusan Agroteknologi. Penulis merupakan lulusan program Magister Agroklimatologi di Institut Pertanian Bogor. Penulis sekarang menjadi anggota APIK (Asosiasi Ahli Perubahan Iklim) Indonesia sub Region Gorontalo.

Penulis juga sebagai anggota PERAGI (Perhimpunan Agronomi Indonesia) komda Gorontalo. Penulis mengampuh mata kuliah Agroklimatologi, Agrohidrologi dan Model Simulasi Pertanian di jurusan Agroteknologi Faperta UNG.

E-mail: [wawan.pembengo@ung.ac.id](mailto:wawan.pembengo@ung.ac.id)

### Biodata Penulis :



Penulis bekerja sebagai staf pengajar Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo di jurusan Agroteknologi. Penulis merupakan lulusan program Magister Agronomi di Universitas Sam Ratulangi Manado. Penulis sekarang menjadi PERAGI (Perhimpunan Agronomi Indonesia) komda Gorontalo.

Penulis mengampuh mata kuliah Agrohidrologi dan Konservasi Tanah dan Air di jurusan Agroteknologi Faperta UNG.

E-mail: [yunnita\\_rahim@ung.ac.id](mailto:yunnita_rahim@ung.ac.id)