

# Penentuan Waktu Tanam dan Kebutuhan Air Tanaman Padi, Jagung, Kedelai dan Bawang Merah di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur

## *Determination of Planting Time and Crop Water Requirements of Rice, Maize, Soybean and Shallot in West Java and East Nusa Tenggara Provinces*

Kharmila S. Hariyanti<sup>1\*</sup>, Tania June<sup>2</sup>, Yonny Koesmaryono<sup>2</sup>, Rahmat Hidayat<sup>2</sup>, Aris Pramudia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peneliti Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian

<sup>2</sup> Dosen Klimatologi Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Diterima: 30 April 2019

Direview: 3 Mei 2019

Disetujui: 30 Mei 2019

#### Kata kunci:

Padi  
Jagung  
Kedelai  
Bawang merah  
Masa tanam  
Curah hujan  
Neraca air

#### Keywords:

Rice  
Maize  
Soybean  
Shallots  
Planting period  
Rainfall  
Water balance

#### Direview oleh:

Bambang Dasanto, Yayan  
Apriyana, I Putu Santikayasa

**Abstrak.** Padi, jagung, kedelai dan bawang merah merupakan komoditas pangan unggulan di Indonesia. Jagung dan bawang merah umumnya ditanam sesudah padi atau kedelai di lahan sawah tadah hujan sehingga rentan terhadap kekeringan. Oleh sebab itu informasi iklim khususnya curah hujan dan suhu sangat penting dalam menentukan waktu tanam dan kebutuhan air yang tepat bagi tanaman. Tujuan penelitian adalah menentukan waktu tanam dan kebutuhan air tanaman padi, jagung, kedelai, dan bawang merah berdasarkan analisis neraca air tanaman, serta menyusun peta waktu tanam di dua provinsi sentra produksi pangan Indonesia yaitu Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur agar risiko penurunan produksi karena kekeringan dapat diturunkan. Berdasarkan hasil analisis neraca air tanaman di 16 wilayah, tanaman yang ditanam pada tanah bertekstur debu memiliki waktu tanam rata-rata 13 dasarian, relatif lebih panjang dari tanah bertekstur lempung, liat dan pasir dengan waktu tanam berturut-turut: 10, 9 dan 5 dasarian. Wilayah dengan tekstur tanah pasir memiliki periode waktu tanam relatif lebih pendek karena tanah ini tidak dapat menahan air lebih lama di dalam tanah yang menyebabkan cekaman air lebih cepat terjadi. Tanaman padi lebih rentan terhadap kekeringan jika dibandingkan dengan tiga tanaman lainnya sehingga risiko kehilangan hasil juga relatif lebih tinggi. Kebutuhan irigasi tanaman padi pada periode tanam Mei-Agustus dapat mencapai 4,9 mm hari<sup>-1</sup> di provinsi Nusa Tenggara Timur. Karakteristik curah hujan Jawa Barat memiliki bulan basah > 7 bulan sehingga memungkinkan waktu tanam lebih lama yaitu (pada tanah bertekstur) debu: 10-15 dasarian, lempung: 8-14 dasarian, liat: 8-13 dasarian dan pasir: 4-7 dasarian. Nusa Tenggara Timur dengan kondisi iklim lebih kering (bulan kering > 7 bulan) umumnya tidak direkomendasikan untuk menanam padi gogo dan disarankan untuk menanam jagung untuk menekan risiko kehilangan hasil.

**Abstract.** Rice, maize, soybean and shallot are among the most important food crops in Indonesia. Maize and shallots are generally planted after rice or soybeans on rainfed agriculture and hence they are prone to drought. Therefore, climate information, especially rainfall and temperature is very important in determining the planting time and water requirements for these crops. The research objective was to determine the planting time and water requirements of rice, maize, soybeans, and shallots based on crop water balance analysis, as well as to arrange cropping map in West Java and East Nusa Tenggara provinces so that the risks of decreased yield due to drought could be minimized. Based on the results of water balance analysis at 16 areas, the average planting period on soil with silt texture was 13 decades (130 days), relatively longer than those of loam, clay and sand texture soils, with consecutive planting periods of: 10, 9 and 5 decades. Areas with sand soil had a relatively shorter planting period because of low water holding capacity which causes water stress occurs more quickly. Rice plants are more susceptible to drought compared to the other three crops. Irrigation water requirements for rice in May to August could reach 4.9 mm day<sup>-1</sup> in the East Nusa Tenggara province. Based on the rainfall characteristics of West Java, the recommendations for cropping periods are 10-15 decades for silt, 8-14 decades for loam, 8-13 decades for clay and 4-7 decades for sand textured soil. East Nusa Tenggara with a drier climatic conditions is not recommended for planting rice on upland and is recommended for maize with a lower risk of low yield.

## Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan sektor andalan bagi perekonomian Indonesia dan memegang peranan penting dalam pembangunan nasional. Peran penting sektor pertanian tercermin melalui kontribusinya dalam pembentukan produk domestik bruto nasional, penyerapan tenaga kerja, dan ekspor hasil-hasil pertanian. Di sisi lain sektor pertanian terutama subsektor tanaman pangan, paling rentan terhadap kondisi iklim (Surmaini *et al.* 2010). Hal ini karena tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif

terhadap cekaman, terutama kelebihan dan kekurangan air sehingga informasi karakteristik iklim dimusim tanam akan membantu dalam mengelola sistem usaha tani.

Informasi karakteristik iklim khususnya curah hujan di Indonesia masih memiliki nilai ketidakpastian yang tinggi karena wilayah Indonesia memiliki keragaman curah hujan baik secara temporal maupun spasial (Yang dan Slingo 2001; Aldrian dan Susanto 2003; Qian 2008; Asyaktur *et al.* 2014). Keragaman curah hujan di Indonesia di pengaruhi oleh komponen global antara lain anomali *Sea Surface Temperature* (anomali SST), Indeks Osilasi Selatan (IOS), elevasi permukaan laut, *Madden-Julian*

\* Corresponding author: kharmilas36@gmail.com

*Oscillation* (MJO), *cold surge* dan arus lintas Indonesia (Arlindo) (Wheeler dan Hendon 2004; Hidayat dan Kizu 2010; Aldrian dan Susanto 2003; Tangang *et al.* 2008; Hamada *et al.* 2002; Aldrian *et al.* 2007; Saji *et al.* 1999). Disamping pengaruh global, keragaman curah hujan di Indonesia juga dipengaruhi oleh kondisi lokal yaitu distribusi lautan dan daratan yang kompleks (Yang dan Slingo 2001).

Unsur cuaca utama yang sangat berpengaruh terhadap keragaman produksi tanaman di daerah tropis adalah curah hujan. Shrestha *et al.* (2011) menyatakan bahwa penentuan awal waktu tanam yang tepat dapat mengatasi kehilangan nutrisi tanaman, terutama pada saat transisi dari musim kering ke musim hujan. Oleh karena itu ketersediaan informasi curah hujan harian sangat diperlukan untuk penentuan waktu tanam dan panen yang tepat, kapan waktu pengairan dan berapa volume air yang dibutuhkan (Kharmila dan Apriyana 2004; Heryani *et al.* 2006; Yang *et al.* 2011).

Tiga komoditas unggulan dalam mencapai swasembada pangan di samping padi adalah jagung, kedelai, dan bawang merah. Komoditas jagung sangat penting sebagai salah satu alternatif pengganti bahan pangan utama yaitu padi. Kedelai sangat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia sebagai bahan baku untuk tempe dan tahu, selain itu bungkil kedelai dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak. Kedelai, bawang merah dan jagung umumnya ditanam sesudah padi dilahan sawah tadah hujan maka sangat rentan terhadap kekeringan sehingga informasi iklim khususnya curah hujan sangat penting dalam menentukan waktu tanam yang tepat serta kebutuhan air untuk irigasi tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari karakteristik iklim harian dipermukaan untuk informasi dalam pengelolaan sistem usahatani khususnya penentuan waktu tanam dan kebutuhan air tanaman. Dalam tulisan ini pembahasan difokuskan pada penentuan waktu tanam dan kebutuhan air tanaman padi, jagung, kedelai dan bawang merah dengan analisis neraca air tanaman berdasarkan

informasi iklim harian, data tanah dan fenologi tanaman. Selanjutnya menyusun peta waktu tanam di sentra produksi pangan Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur sehingga risiko penurunan produksi atau gagal panen karena risiko kekeringan dapat diminimalkan.

## Bahan dan Metode

Data iklim yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan (mm), kelembaban (%), kecepatan angin (m detik<sup>-1</sup>) dan evapotranspirasi (mm) harian dari 16 titik stasiun cuaca otomatis milik Badan Litbang Pertanian yang tersebar di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur periode 2000-2010. Data sifat fisik tanah seperti tekstur tanah, kapasitas lapang, dan titik layu permanen diambil dari literatur FAO 56 (FAO, 2012). Data fenologi tanaman padi, jagung, kedelai, dan bawang merah seperti umur, tinggi, kedalaman perakaran, fase pertumbuhan, umur fase pertumbuhan, koefisien tanaman diambil dari literatur (FAO 1998 ; FAO 2012).

Kecukupan air tanaman dapat dihitung melalui analisis neraca air tanaman. Dari analisis tersebut dapat diketahui kondisi ketersediaan air tanaman (kelebihan / kekurangan air) serta besarnya volume dan interval irigasi yang dapat diberikan. Kondisi ketersediaan air dalam satu siklus hidup tanaman dapat mengestimasi potensi kehilangan hasil pada tanaman akibat kekurangan air. Dengan melihat potensi kehilangan hasil dalam satu siklus hidup tanaman pada setiap waktu tanam selama setahun dapat digunakan sebagai konsep dasar dalam penentuan masa tanam terbaik.

Analisis neraca air tanaman membutuhkan tiga kelompok informasi basis data yang saling terintegrasi yaitu data iklim, data tanah dan data tanaman. Basis data iklim yang digunakan untuk perhitungan neraca air tanaman adalah curah hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (ETp). Basis data tanah memuat informasi kondisi fisik tanah yang menggambarkan ketersediaan air tanah untuk tanaman (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter database fisik tanah

Table 1. Physical soil database parameters

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Jenis	Tekstur tanah	-
2	Soil max	Kedalaman maksimum tanah / solum	m
3	KL	Kandungan air tanah pada kapasitas lapang	%
4	TLP	Kandungan air tanah pada titik layu permanen	%
5	Zevap	Kedalaman lapisan olah	m
6	Rewper	Kandungan air pada lapisan olah yang masih dapat diuapkan	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>

Kandungan air tanah pada kapasitas lapang (KL) (%) merupakan nilai kadar air tanah tertinggi yang dapat tinggal di tanah umumnya terjadi beberapa jam sesudah hujan atau irigasi. Kandungan air tanah pada titik layu permanen (TLP) (%) adalah nilai kadar air tanah terendah dimana tanaman tidak dapat hidup karena tidak dapat mengkonsumsi air. Selisih Kapasitas Lapang dan Titik Layu Permanen sangat menentukan Cadangan Air Tanah (CAT) (%) yaitu simpanan air tanah maksimum yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan (Runtunuwu *et al.* 2007).

Database tanaman memuat parameter karakteristik tanaman tertentu yang menggambarkan satu siklus pertumbuhan tanaman dari awal fase pertumbuhan sampai dengan pemasakan. Parameter karakteristik tanaman meliputi: kondisi perakaran, tinggi tanaman dan durasi tanaman per fase pertumbuhan disajikan pada Tabel 2. Data-data tersebut akan mempengaruhi besarnya volume air yang ditranspirasikan melalui tanaman, dan volume air yang dapat diambil dari tanaman.

Tabel 2. Parameter karakteristik tanaman

Table 2. Crop characteristic parameters

No.	Simbol	Keterangan
1	NBD	Lama pertumbuhan fase-fase fisiologis
	NB1	Awal
	NB2	Vegetatif
	NB3	Pembungaan dan Pengisian biji
2	NB4	Pemasakan
	Kc	Koefisien tanaman
	Kc ini	Koefisien tanaman awal
	Kc mid	Koefisien tanaman pertumbuhan
3	Kc end	Koefisien tanaman akhir
	SWS	Kepekaan terhadap cekaman air dalam hubungannya dengan fase fisiologis : Ky
	SWS1	Faktor respon yield awal
	SWS2	Faktor respon yield pertumbuhan
4	SWS3	Faktor respon yield akhir
	Zrootmax	Kedalaman perakaran maksimum
5	Hmax	Tinggi tanaman maksimum

Neraca air tanaman harian model FAO dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Dr_i = Dr_{i-1} - (Pi - Roi) - I_i - Cr_i + ETC_i + Dp_i$$

Dimana :

- $Dr_i$  : Pengurangan kandungan air tanah hari ke i
- $Dr_{i-1}$  : Pengurangan kandungan air tanah hari ke i-1
- $Dp_i$  : Perkolasi hari ke i
- $P_i$  : Curah hujan hari ke i
- $Ro_i$  : Runoff dari permukaan tanah hari ke i
- $I_i$  : Irigasi yang terinfiltrasi kedalam tanah hari ke i
- $Cr_i$  : Efek kapiler hari ke i
- $ETC_i$  : Evapotranspirasi tanaman hari ke i

Diasumsikan air dapat disimpan di zona perakaran sampai mencapai kapasitas lapang (KL). Walaupun terjadi hujan atau terdapat penambahan air melalui irigasi terkadang kandungan air bisa melebihi dari kapasitas lapang. Jumlah total air di atas kandungan kapasitas lapangnya diasumsikan akan hilang pada hari yang sama melalui perkolasi dan evapotranspirasi. Dengan mengasumsikan bahwa kandungan air pada zona perakaran berada pada kondisi kapasitas lapang akibat input hujan dan irigasi, nilai minimum dari deplesi  $Dr_i$  adalah nol. Akibat pengaruh dari perkolasi dan evapotranspirasi kandungan air di zona perakaran akan berkurang secara bertahap dan deplesi pada zona perakaran meningkat. Jika tidak ada input air lagi maka kandungan air akan mencapai nilai minimum yang disebut titik layu permanen (TLP). Pada kondisi ini tidak ada air yang hilang melalui evapotranspirasi di zona perakaran (koefisien stress  $K_s = 0$ ) dan deplesi zona perakaran akan mencapai nilai maksimum yaitu sebesar cadangan air tanah (CAT). Jumlah air yang ditranfer ke permukaan oleh efek kapiler dari air tanah di zona perakaran tergantung pada tekstur tanah, kedalaman air tanah, dan kelembaban di zona perakaran. Nilai normal  $Cr$  dapat diasumsikan sama dengan nol ketika air tanah kurang lebih satu meter di bawah zona perakaran.

Untuk memprediksi potensi penurunan hasil pada tanaman akibat kekurangan air telah dibuat satu model linier fungsi produksi tanaman yang telah disusun oleh Doorenbos dan Kassam (1979).

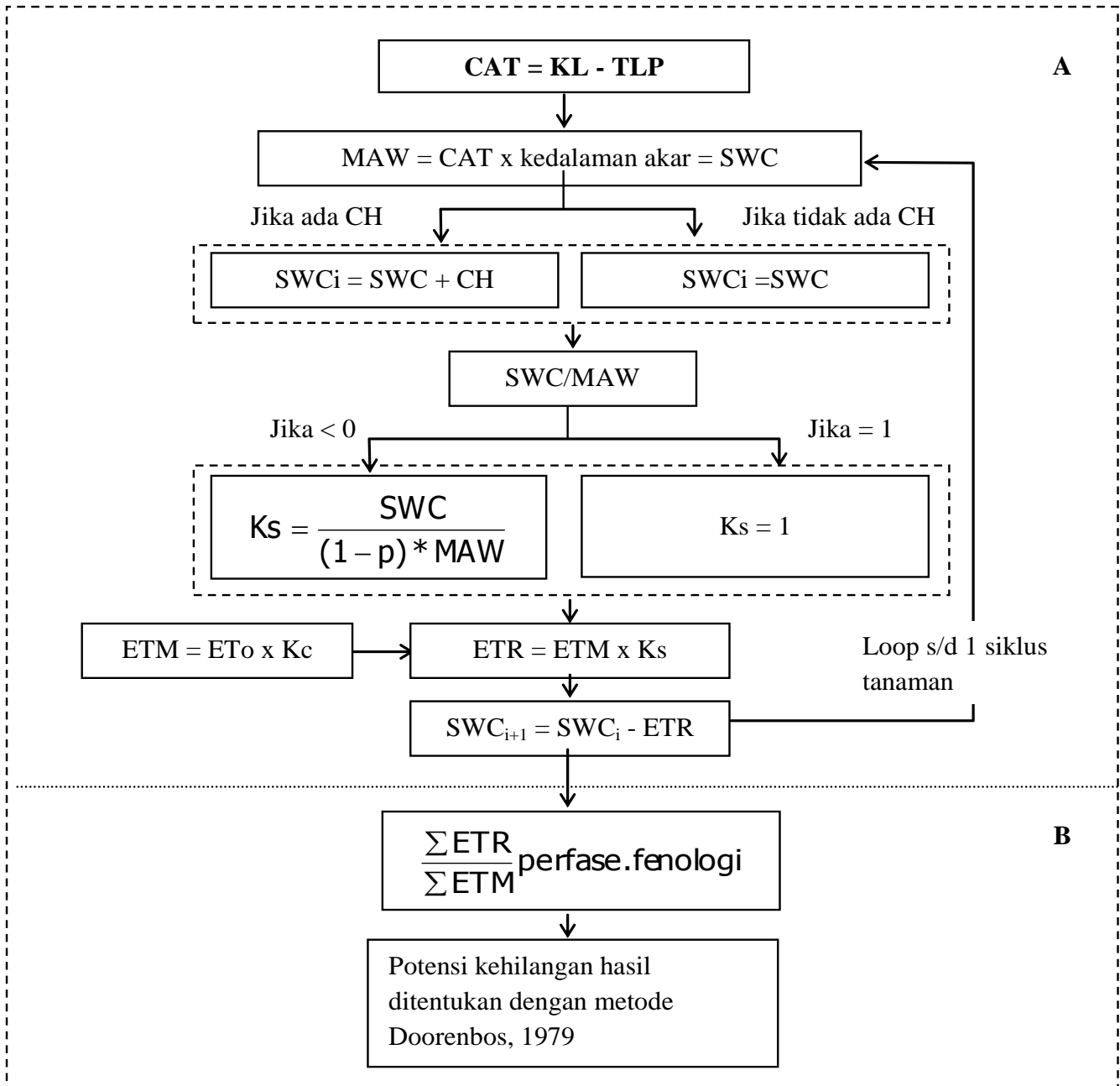
$$(1 - Ya/Ym) = Ky \times (1 - Etc_i \cdot ETC)$$

Dimana :

- $Ya$  : Produksi tanaman actual ( $t\ ha^{-1}$ )
- $Ym$  : Produksi tanaman maksimum yang diharapkan
- $Etc_i$  : Evapotranspirasi tanaman actual ( $mm\ hari^{-1}$ )
- $Etc$  : Evapotranspirasi potensial (kondisi standar tidak ada stres air) ( $mm\ hari^{-1}$ )
- $Ky$  : Faktor respon produksi (-)

$Ky$  adalah faktor yang mendeskripsikan penurunan produksi relatif sehubungan dengan penurunan  $Etc$  yang diakibatkan oleh kondisi defisit air. Nilai  $Ky$  untuk setiap tanaman adalah berbeda dan bervariasi selama masa pertumbuhannya. Pada umumnya penurunan produksi akibat defisit air selama fase vegetatif dan pemasakan relatif kecil, sementara itu selama fase pembungaan dan pembentukan hasil nilai  $Ky$  lebih besar.

Diagram alur analisis neraca air tanaman harian model FAO disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur analisis neraca air tanaman harian model FAO

Figure 1. Flow chart for water balance analysis FAO model

Keterangan:

- CAT = Cadangan Air Tanah (Kapasitas Lapang – Titik Layu Permanen)
- MAW = Jumlah air maksimum yang dapat dimanfaatkan tanaman
- SWC = Kandungan air tanah, bisa mengalami penambahan jika ada hujan ataupun irigasi
- ETo = Evapotranspirasi potensial
- ETR = Evapotranspirasi actual
- Kc = Koefisien tanaman
- Ks = Koefisien stress tanaman terhadap air (faktor reduksi transpirasi) yang besarnya antara 0-1 dan tergantung pada ketersediaan air
- P = Batas toleransi kandungan air tanah, pada saat tanaman mulai mengalami reduksi transpirasi.
- A = Satu siklus tanaman
- B = Fase fenologi

Tabel 3. Kriteria dalam mencirikan cekaman air berhubungan dengan penurunan hasil

Table 3. The criteria for characterizing water stress related to decreased yield

Jenis pengelolaan air	Kriteria	Tingkat cekaman air				
		Sangat rendah	Rendah	Sedang	Kuat	Sangat kuat
Tanaman tadah hujan	Persentase kehilangan hasil potensial yang disebabkan kendala air dalam % potensial	< 10%	10%	20%	30%	> 60%
			sampai 20%	sampai 30%	sampai 60%	
Tanaman beririgasi	Persentase keperluan air irigasi maksimum untuk mendapatkan hasil yang diharapkan pada kondisi kendala air < 10%	< 10%	10%	25%	50%	> 75%
			sampai 25%	sampai 50%	sampai 75%	

Konsep dasar yang digunakan dalam penentuan masa tanam terbaik adalah dengan melihat potensi hasil dalam satu siklus hidup tanaman pada setiap waktu tanam selama setahun (persentase kehilangan hasil potensial). Metode simulasi neraca air tanaman merupakan cara yang paling mungkin dilakukan untuk mengestimasi potensi kehilangan hasil potensial sepanjang tahun. Menurut Lidon (2001) kriteria yang dipergunakan dalam mencirikan kendala air berhubungan dengan pendugaan hasil, dalam kasus lahan tadah hujan dan lahan beririgasi, diilustrasikan pada Tabel 3..

Volume dan interval irigasi ditentukan dengan menggunakan batasan sebagai berikut :

- Irigasi diberikan pada saat tidak terjadi hujan
- Irigasi diberikan pada saat transpirasi aktual tanaman lebih rendah dari potensinya sehingga mengakibatkan potensi kehilangan hasil melebihi batas toleransi (5% - 20%). Interval irigasi merupakan optimasi (interval maksimum yang bisa diberikan dengan resiko penurunan hasil minimal)

## Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik Curah Hujan

Informasi karakteristik curah hujan sangat diperlukan untuk penentuan waktu tanam dan panen yang tepat, kapan waktu pengairan dan berapa volume air yang dibutuhkan. Dalam tulisan ini akan dibahas hasil analisis 16 stasiun iklim dari dua provinsi yang mewakili kondisi iklim basah dan kering yaitu Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur (Tabel 4).

Jumlah curah hujan tahunan di Jawa Barat rata-rata 2.369 mm tahun<sup>-1</sup>, sedangkan di Nusa Tenggara Barat rata-rata curah hujan tahunan hanya sekitar 1219 mm tahun<sup>-1</sup>. Bulan kering menurut tipe iklim Oldeman (ch < 100 mm bulan<sup>-1</sup>) di Nusa Tenggara lebih dari 7 bulan, sedangkan bulan basah (ch > 200 mm bulan<sup>-1</sup>) rata-rata terjadi selama dua bulan. Tipe curah hujan menurut Oldeman di Provinsi Jawa Barat lebih beragam yaitu A,

B1, B2, C2, D3, E3 dan E4 dengan pola hujan Monsoonal dan Equatorial. Tipe curah hujan menurut Oldeman di Provinsi Nusa Tenggara Timur adalah D3, D4, dan E4 dengan pola hujan Monsoonal.

### Neraca air tanaman

Simulasi neraca air tanaman untuk menentukan masa tanam terbaik empat komoditas unggulan yaitu padi, jagung, kedelai dan bawang merah dilakukan di semua lokasi. Analisis neraca air dilakukan selama satu siklus hidup tanaman (awal, vegetasi, pembungaan, pengisian biji dan pemasakan) pada setiap waktu tanam (pola dasarian) selama setahun. Pada Tabel 5 disajikan contoh hasil perhitungan neraca air tanaman jagung di NTT-Naibonat dengan tekstur liat pada tanggal tanam 6 Maret 2011.

Pada fase pembungaan tanaman jagung curah hujan tersedia sebanyak 45,6 mm (selama 20 hari) lebih rendah dari jumlah evapotranspirasi tanaman (87,4+95,4) sehingga terjadi defisit air pada sistem pertanaman. Kondisi cekaman air tersebut apabila tidak diberi tambahan irigasi akan menyebabkan penurunan hasil sebesar 78 % (tingkat cekaman air sangat kuat).

### Waktu Tanam dan Kebutuhan Air Tanaman Provinsi Jawa Barat

Analisis waktu tanam di Jawa Barat dilakukan di 8 titik stasiun. Dataran rendah diwakili oleh Sukamandi (50 m dpl), Pusakanagara (56 m dpl), Citalang (137 m dpl) Bogor (246 m dpl), dan Sukatani (282 m dpl). Plered (380 m dpl) mewakili dataran sedang. Kuningan (577 m dpl) dan Pacet (1163 m dpl) mewakili dataran tinggi. Penentuan masa tanam terbaik ditentukan dengan melihat potensi hasil dalam satu siklus hidup tanaman pada setiap waktu tanam selama setahun.

Rekomendasi waktu tanam jagung di Kuningan di mulai pada Oktober Dasarian II (Okt-II) – Maret Dasarian I (Mar-I) untuk tekstur tanah liat, lempung dan debu karena penurunan hasil pada periode tersebut masuk kriteria rendah (<20%). Pada tekstur tanah pasir periode

Tabel 4. Karakteristik Curah Hujan Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur

Table 4. Rainfall Characteristics of West Java and East Nusa Tenggara

NAMA STASIUN	TOTAL CH TAHUNAN			HH	BB	BK	TIPE HUJAN OLDEMAN	S_F	POLA HUJAN
	MIN	MAKS	JUMLAH						
Jabar Bogor	125	452	3777	215	9	0	A	A	Ekuatorial
Jabar Citalang	12	248	1455	103	3	7	D-3	C	Monsoonal
Jabar Kuningan	45	389	2348	188	5	5	C-3	B	Monsoonal
Jabar Pacet	127	621	3737	233	7	1	B-1	A	Ekuatorial
Jabar Plered	48	336	2293	161	5	5	C-2	A	Ekuatorial
Jabar Pusakanagara	8	415	1578	136	2	6	E-4	D	Monsoonal
Jabar Sukamandi	13	298	1283	134	1	7	E-3	D	Monsoonal
Jabar Sukatani	51	369	2484	172	4	3	B-2	B	Monsoonal
NTT Maumere	4	245	1066	107	1	7	D-4	E	Monsoonal
NTT Naibonat	4	397	1514	140	2	7	D-4	E	Monsoonal
NTT Oebelo	7	197	1045	128	1	7	E-4	E	Monsoonal
NTT Oenali	6	233	1393	196	3	7	D-3	D	Monsoonal
NTT Oenesu	1	337	1202	110	3	8	E-4	E	Monsoonal
NTT Soba	3	267	933	141	2	9	E-4	F	Monsoonal
NTT Tesbatan	4	398	1235	137	2	7	D-4	E	Monsoonal
NTT Tobu	18	293	1361	151	2	7	E-3	C	Monsoonal

Tabel 5. Perhitungan Neraca Air Tanaman Jagung pada tanah bertekstur liat di Naibonat, tanggal tanam: 06 Mar 2011

Table 5. Crop Water Balance for Maize on clay textures soil in Naibonat, planting date: Mar. 6, 2011

	Awal	Vegetatif	Pembungaan	Pengisian	Pemasakan
Lama fase pertumbuhan (hari)	25	30	20	25	15
Curah Hujan (mm)	125,9	192,8	45,6	1,1	1,0
Evaporasi (mm)	122,5	135,0	87,4	97,8	56,6
Transpirasi Tanaman (mm)	18,4	62,1	95,4	101,5	38,5
Irigasi (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Transpirasi tanaman aktual (mm)	12,1	50,4	45,8	7,4	0,0
Defisit Transpirasi (%)	34,0	18,9	52,0	92,7	100,0
Penurunan hasil (%)	6,8	7,5	78,0	46,4	20,0
Irigasi (mm)	78,6	70,7	72,7	103,8	70,5
Transpirasi tanaman aktual (mm)	17,6	62,0	95,4	101,5	38,5
Defisit Transpirasi (%)	4,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Penurunan hasil (%)	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0

Keterangan: ■ menunjukkan penurunan hasil (%) jagung pada fase pembungaan dan pembentukan biji pada kondisi tanaman tanpa irigasi (0,0 mm)

Tabel 6. Potensi Penurunan Hasil Tanaman Jagung (%) di Provinsi Jawa Barat

Table 6. Potential Decrease of Yield (%) for Maize in West Java Province

		A1	A2	A3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3	D1	D2	D3	J1	J2	J3	F1	F2	F3	M1	M2	M3	A1	A2	A3
Bogor	Liat	36	25	34	31	23	18	20	21	13	13	27	33	28	27	23	10	10	14	23	30	30	17	12	17	21	14	15
	Lempung	36	24	32	31	23	18	19	20	12	12	25	32	28	27	23	10	10	14	23	30	30	17	11	16	20	13	14
	Pasir	39	40	46	33	27	25	31	33	15	30	47	41	28	30	28	14	20	28	36	33	31	17	23	38	33	28	41
Citalang	Debu	32	24	28	29	22	19	19	18	10	9	18	25	25	24	20	10	10	12	19	27	26	15	11	13	14	11	12
	Liat	98	87	89	79	78	78	77	70	68	70	71	80	71	61	50	39	30	30	39	45	51	54	48	46	44	43	57
	Lempung	79	78	78	77	70	68	69	70	79	70	60	51	52	36	28	38	44	50	53	48	45	43	42	55	76	83	87
Kuningan	Pasir	87	78	81	79	71	74	81	84	86	78	70	63	54	41	42	46	53	60	54	61	59	53	58	77	99	89	92
	Debu	79	78	78	76	70	67	66	66	73	64	49	41	41	27	21	31	42	48	49	43	41	39	40	48	58	66	74
	Liat	85	75	55	54	47	29	22	19	10	9	9	6	0	2	4	2	11	21	17	9	2	10	21	38	41	58	69
Pacet	Lempung	84	75	55	55	46	29	22	19	10	9	5	1	1	3	2	10	20	16	9	2	8	19	37	39	56	68	
	Pasir	89	79	61	64	56	36	32	32	16	14	15	12	4	13	16	10	25	32	27	13	21	29	46	54	60	72	80
	Debu	84	73	55	54	42	32	20	18	10	9	9	8	1	0	0	0	4	13	10	5	2	6	14	25	33	38	52
Plered	Liat	17	12	2	1	0	0	0	0	0	1	14	26	15	18	17	3	1	0	8	9	0	1	5	14	17	20	31
	Lempung	16	16	17	14	9	9	9	10	9	5	3	1	0	0	0	0	1	7	10	5	0	0	0	6	11	14	25
	Pasir	35	32	25	18	13	13	12	22	24	13	14	10	0	0	1	0	1	10	12	11	9	5	11	23	28	37	44
Pusakanagara	Debu	12	12	14	13	9	9	9	9	9	8	2	1	0	0	0	0	0	4	4	1	0	0	0	4	6	4	10
	Liat	73	63	63	63	53	48	50	43	41	41	45	37	21	11	11	27	25	31	34	31	36	38	43	59	62	51	60
	Lempung	72	63	63	63	53	47	50	42	41	40	44	37	21	11	10	25	25	30	33	30	35	38	41	57	60	50	59
Sukamandi	Pasir	79	74	67	63	58	57	55	50	50	50	55	46	33	22	25	39	29	43	43	43	44	46	61	68	68	67	82
	Debu	63	55	56	58	52	45	45	40	38	38	40	30	16	11	13	26	25	28	29	26	31	36	39	48	48	42	49
	Liat	92	91	88	73	57	27	20	29	27	13	15	13	3	5	9	13	33	53	52	55	63	58	54	69	73	62	65
Sukatani	Lempung	92	90	87	74	57	27	18	27	26	12	14	12	3	4	8	10	30	51	51	54	61	57	53	67	72	62	65
	Pasir	93	96	96	78	68	45	42	55	41	28	28	20	11	22	28	44	63	61	60	64	80	68	75	91	89	76	84
	Debu	92	88	82	68	51	25	15	20	18	5	10	8	1	2	2	5	15	30	33	39	44	38	38	51	63	48	54
Sukamandi	Liat	94	82	72	65	57	47	32	24	21	16	13	16	25	18	15	15	11	14	27	33	35	51	55	66	88	89	86
	Lempung	94	83	72	65	46	32	25	21	16	12	14	24	18	14	15	10	12	24	31	33	49	54	65	87	89	85	
	Pasir	93	82	83	80	75	66	52	44	36	31	30	36	37	25	29	29	32	38	45	47	52	69	66	79	94	92	93
Sukatani	Debu	93	80	72	60	55	40	25	18	13	11	8	9	14	10	10	8	5	6	12	13	14	23	28	41	61	73	73
	Liat	24	20	29	40	31	34	42	39	22	29	34	40	18	0	0	6	20	21	20	20	24	25	30	51	78	85	93
	Lempung	22	19	28	38	29	32	42	38	20	29	31	38	18	0	0	5	18	20	20	20	22	24	28	48	73	84	91
Sukatani	Pasir	53	35	39	53	47	43	52	52	36	43	58	46	23	5	2	23	29	26	22	23	43	49	45	83	98	87	91
	Debu	19	19	25	35	24	28	38	31	12	18	26	27	12	0	0	2	12	20	20	20	20	21	24	37	57	67	72

Keterangan: ■ rekomendasi waktu tanam berdasarkan potensi penurunan hasil tanaman dengan tingkat cekaman air rendah (<20%)

waktu tanam lebih singkat hanya 8 dasarian mulai Okt III–Jan-II. Hal ini di sebabkan karena kemampuan tanah pasir dalam menahan air lebih rendah sehingga cekaman air lebih cepat terjadi. Jagung di Pacet dapat ditanam sepanjang tahun karena jumlah curah hujan tahunan yang tinggi 3.737 mm tahun<sup>-1</sup> dengan bulan basah 7 bulan. Periode waktu tanam di Plered hanya 3 dasarian mulai Des-I – Des-III. Agar waktu tanam jagung bisa lebih panjang dan resiko penurunan hasil lebih rendah maka dibutuhkan tambahan irigasi maksimum 3,5 mm hari<sup>-1</sup> untuk tanah pasir pada periode Mei – Agustus. Hasil analisis waktu tanam jagung di Provinsi Jawa Barat selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

### Waktu Tanam dan Kebutuhan Air Tanaman Provinsi Nusa Tenggara Timur

Di Provinsi Nusa Tenggara Timur, analisis waktu tanam dilakukan pada 8 lokasi yang diharapkan dapat mewakili wilayah kepulauan Flores dan Timor. Kepulauan Flores hanya satu lokasi yaitu Maumere (115 m dpl), sedangkan untuk Kepulauan Timor diwakili oleh 7 lokasi yaitu Naibonat (20 m dpl), Oebelo (10 m dpl), Oenali (800 m dpl), Oenesu (240 m dpl), Soba (500 m dpl), Tesbatan (350 m dpl) dan Tobu (890 m dpl).

Rekomendasi waktu tanam jagung di Maumere adalah Nov-II – Jan-II untuk tekstur tanah liat, lempung dan debu

sedangkan untuk tekstur tanah pasir tidak direkomendasikan. Naibonat waktu tanam jagung mulai Okt-II – Jan-II untuk tekstur tanah liat, lempung dan debu sedangkan untuk tekstur tanah pasir hanya dua dasarian Nov-I – Nov-II. Periode tanam jagung di Oenali mulai Nov-III – Jan-III untuk tekstur tanah liat, lempung dan Nov-III – Feb-I untuk tekstur tanah debu. Oenesu dan Tesbatan tidak direkomendasikan untuk tanam jagung. Hasil analisis waktu tanam jagung di Provinsi Nusa Tenggara Timur selengkapnya disajikan pada Tabel 7.

Peta rekomendasi awal musim tanam padi, jagung, kedelai dan bawang merah pada tekstur tanah liat, lempung, pasir dan debu untuk Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur selengkapnya disajikan pada Gambar 2 dan 3.

### Kebutuhan Air Tanaman

Hasil analisis kebutuhan air menunjukkan bahwa tanaman padi di Provinsi Nusa Tenggara Timur membutuhkan irigasi 4,9 mm hari<sup>-1</sup> pada periode tanam Mei-Agustus. Kebutuhan air (mm hari<sup>-1</sup>) tanaman padi, jagung, kedelai dan bawang merah berdasarkan tekstur tanah di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Potensi Penurunan Hasil Tanaman Jagung (%) di Provinsi Nusa Tenggara Timur

Table 7. Potential Decrease of Yield (%) for Maize in East Nusa Tenggara Province

		A1	A2	A3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	N1	N2	N3	D1	D2	D3	J1	J2	J3	F1	F2	F3	M1	M2	M3	A1	A2	A3
Maumere	Liat	100	100	99	94	100	92	92	69	47	25	18	25	26	22	28	17	13	29	46	47	45	66	97	93	92	100	97
	Lempung	100	100	99	93	100	92	93	68	47	25	19	23	25	21	27	17	11	25	41	44	44	66	96	93	93	100	97
	Pasir	100	100	100	100	100	91	93	79	57	33	24	42	40	43	39	22	34	65	71	62	59	81	100	98	99	100	99
	Debu	100	100	98	100	98	89	92	79	47	26	17	18	18	14	18	9	4	14	24	27	36	55	87	87	86	92	92
Naibonat	Liat	100	95	95	95	92	75	45	15	5	4	5	12	15	14	14	18	21	34	63	76	78	89	92	88	89	98	98
	Lempung	100	95	95	95	92	76	48	15	5	4	4	11	14	12	13	17	20	31	60	74	77	88	92	89	91	97	98
	Pasir	100	97	98	98	96	75	55	30	22	19	17	28	35	34	24	32	40	61	85	85	84	94	95	88	95	100	99
	Debu	100	95	97	93	91	72	47	17	4	2	1	6	9	6	6	10	13	21	44	57	64	77	84	85	89	93	93
Oebelo	Liat	99	93	95	95	94	91	75	63	49	31	31	28	28	23	17	19	30	43	49	57	66	77	79	82	77	71	66
	Lempung	99	93	95	96	95	91	74	64	48	30	30	27	27	21	16	18	28	40	48	55	64	75	78	81	77	70	65
	Pasir	100	95	97	100	97	92	91	78	58	44	48	45	40	34	32	35	47	62	60	74	83	86	81	85	85	78	84
	Debu	99	93	94	94	93	90	79	66	47	33	28	25	22	14	9	11	19	25	36	46	53	64	71	71	67	59	53
Oenali	Liat	94	79	58	59	50	33	39	45	55	50	36	17	8	8	3	14	7	15	28	49	56	64	87	95	89	78	43
	Lempung	94	79	57	56	49	33	39	45	54	49	35	17	7	7	3	13	6	13	26	45	54	61	86	94	90	79	42
	Pasir	94	83	78	81	67	45	57	59	69	52	42	38	29	23	14	32	18	32	53	78	73	76	85	93	89	83	78
	Debu	94	79	65	64	49	30	39	43	50	38	26	9	3	2	0	6	2	8	18	31	39	38	54	74	79	64	53
Oenesu	Liat	95	100	100	100	100	87	56	30	32	39	51	66	53	42	28	48	48	61	80	75	80	94	100	100	98	92	90
	Lempung	94	99	100	100	100	87	55	29	31	37	49	64	53	42	27	47	47	58	77	73	79	94	100	100	98	94	90
	Pasir	98	100	100	100	100	93	74	54	53	60	69	72	53	40	43	54	61	85	89	86	90	99	100	100	99	94	95
	Debu	92	97	100	100	100	89	56	35	32	30	43	52	46	32	24	43	44	51	62	63	70	86	97	100	99	94	93
Soba	Liat	98	93	91	93	88	72	70	63	49	47	53	62	47	26	17	19	24	30	51	71	100	100	100	99	92	90	84
	Lempung	97	93	90	92	88	72	69	63	48	46	50	62	47	26	17	17	24	28	49	68	100	100	100	99	92	90	83
	Pasir	100	98	100	100	97	83	89	78	63	72	69	63	49	26	23	39	39	56	72	96	100	100	100	99	93	97	86
	Debu	100	98	88	89	86	70	71	59	47	42	38	45	36	20	17	12	18	21	38	58	88	100	100	96	88	88	79
Tesbatan	Liat	96	100	100	100	96	86	71	58	56	53	38	29	31	26	25	24	29	47	65	81	92	97	97	97	93	76	67
	Lempung	95	100	100	100	96	86	70	57	56	53	38	29	30	26	25	23	28	44	64	78	90	97	97	97	92	76	67
	Pasir	100	100	100	100	98	92	79	69	63	59	43	39	41	31	25	30	42	65	80	96	99	97	97	97	99	89	93
	Debu	100	100	100	100	97	87	69	55	52	50	31	26	27	25	25	22	25	38	59	69	78	90	95	96	89	72	70
Tobu	Liat	95	94	81	78	77	48	32	30	26	26	23	22	16	16	28	46	42	55	53	45	41	41	37	46	54	58	47
	Lempung	95	94	81	77	75	47	32	29	26	25	22	20	16	15	26	45	41	53	52	43	38	38	34	44	53	56	45
	Pasir	98	95	83	90	93	56	43	41	30	36	43	33	19	31	48	58	58	69	59	63	64	64	66	63	59	61	57
	Debu	95	93	84	79	68	42	31	29	25	23	18	16	13	13	19	37	36	41	43	34	28	26	23	23	29	34	33

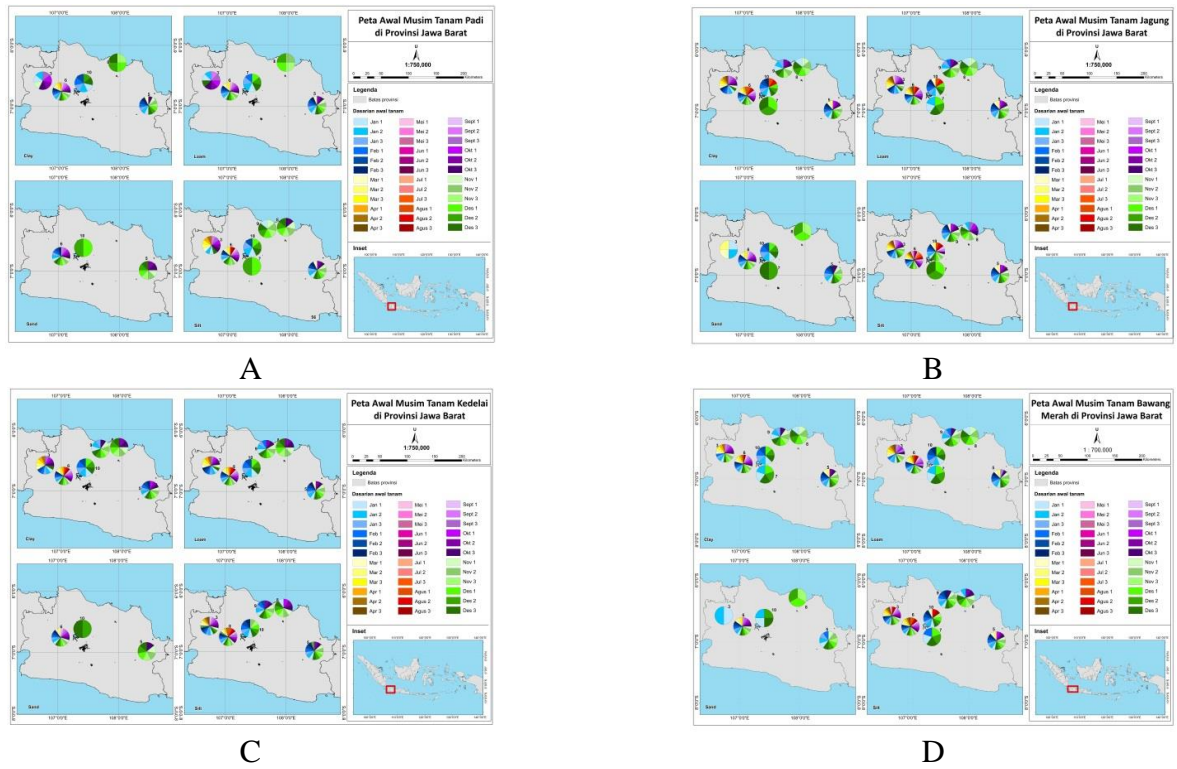
Keterangan: ■ rekomendasi waktu tanam berdasarkan potensi penurunan hasil tanaman dengan tingkat cekaman air rendah (<20%)

Tabel 8. Kebutuhan air (mm hari<sup>-1</sup>) tanaman padi, jagung, kedelai dan bawang merah berdasarkan tekstur tanah di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur

Table 8. Water requirement (mm day<sup>-1</sup>) of rice, maize, soybean and shallots by soil texture in West Java and East Nusa Tenggara Provinces

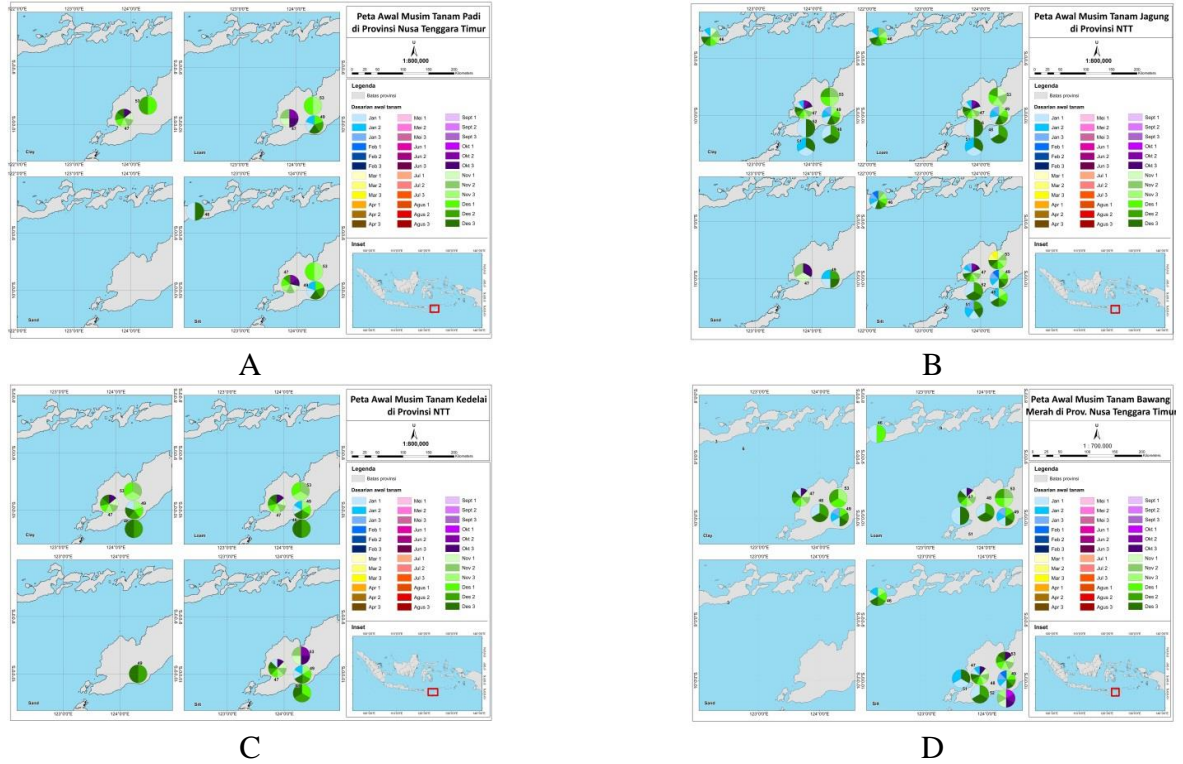
Stasiun	Tekstur Tanah	Padi			Jagung			Kedelai			Bawang Merah		
		Jan-Apr	Mei-Agus	Sep-Des	Jan-Apr	Mei-Agus	Sepr-Des	Jan-Apr	Mei-Agus	Sepr-Des	Jan-Apr	Mei-Agus	Sepr-Des
JABAR	Liat	2,4	3,7	2,5	1,8	2,8	1,4	1,8	3,2	1,7	1,8	2,5	1,6
	Lempung	2,4	3,7	2,5	1,7	2,8	1,4	1,8	3,2	1,7	1,8	2,6	1,7
	Pasir	2,7	3,9	2,7	2,2	3,5	2,1	2,3	3,7	2,3	2,2	3,2	2,3
	Debu	2,3	3,8	2,4	1,5	2,8	1,4	1,7	3,3	1,8	1,8	3,1	2,0
NTT	Liat	3,6	4,8	3,7	2,9	3,6	2,2	3,1	4,4	2,9	2,6	2,9	2,3
	Lempung	3,6	4,8	3,7	2,9	3,7	2,2	3,1	4,5	2,9	2,6	3,0	2,4
	Pasir	3,7	4,9	3,8	3,4	4,7	3,3	3,6	4,8	3,5	2,9	3,7	3,1
	Debu	3,7	4,7	3,6	2,5	4,3	2,7	3,0	4,8	3,1	2,9	4,0	3,1





Gambar 2. Peta awal musim tanam padi (a), jagung (b), kedelai (c), dan bawang merah (d) di Provinsi Jawa Barat

Figure 2. Planting season map for rice (a), maize (b), soybean (c), and shallots (d) in West Java Province



Gambar 3. Peta awal musim tanam padi (a), jagung (b), kedelai (c), dan bawang merah (d) di Provinsi Nusa Tenggara Timur

Figure 3. Planting season map for rice (a), maize (b), soybean (c), and shallots (d) in East Nusa Tenggara Province

## Kesimpulan

Tanaman jagung, kedelai dan bawang merah yang ditanam pada tanah bertekstur debu di Jawa Barat memiliki waktu tanam rata-rata 13 dasarian, relatif lebih panjang dari tanah lempung, liat dan pasir dengan waktu tanam berturut-turut: 10, 9 dan 5 dasarian sedangkan di Nusa Tenggara Timur tidak jauh berbeda. Wilayah dengan tekstur pasir periode waktu tanam relatif lebih pendek, karena tanah ini memiliki pori air tersedia terkecil (0.05 – 0.11%) yang menyebabkan cekaman air lebih cepat terjadi.

Tanaman padi lebih rentan terhadap kekeringan jika dibandingkan dengan tiga tanaman lainnya sehingga risiko kehilangan hasil juga relatif lebih tinggi. Kebutuhan irigasi maksimum tanaman padi di Nusa Tenggara Timur mencapai 4,9 mm hari<sup>-1</sup> pada periode tanam Mei-Agustus untuk tekstur pasir sedangkan di Jawa Barat lebih rendah yaitu 3,9 mm hari<sup>-1</sup>.

Karakteristik curah hujan Jawa Barat memiliki bulan basah > 7 bulan yang memungkinkan waktu tanam jagung, kedelai dan bawang merah lebih lama yaitu 10-15, 8-14, 8-13 dan 4-7 dasarian berturut-turut pada tanah bertekstur debu, lempung, liat dan pasir. Awal waktu tanam di Jawa Barat rata-rata mulai Okt-III sedangkan di Nusa Tenggara rata-rata mulai Nov-III. Nusa Tenggara Timur dengan bulan kering > 7 bulan tidak direkomendasikan untuk penanaman padi melainkan tanaman jagung untuk menekan risiko kehilangan hasil.

## Daftar Pustaka

- Aldrian E, Susanto R. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology* 23(12):1435–1452, doi:10.1002/joc.950.
- Aldrian E, Gates L, Widodo F. 2007. Seasonal variability of Indonesian rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: the role of ENSO. *Theory Application Climatology* 87(1-4):41–59, doi:10.1007/s00704-006-0218-8.
- As-syakur A, Adnyana I, Mahendra M, Arthana I, Merit I, Kasa I, Ekayanti N, Nuarsa I, Sunarta I. 2014. Observation of spatial patterns on the rainfall response to ENSO and IOD over Indonesia using TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA). *International Journal of Climatology*, doi:10.1002/joc.3939.
- Bappenas. 2013. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (Rpjmn) Bidang Pangan Dan Pertanian 2015-2019. Direktorat Pangan dan Pertanian, Bappenas, Jakarta.
- Doorembos J, Kassam AH. 1979. Yield Response to Water. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 33. FAO, Rome.
- Runtuuwu E, Ramadhani F, Kharmila S. 2007. *Water Agroclimate Resources Manajemen Ver 2.0*. Petunjuk Teknis Penggunaan Perangkat Lunak Neraca Air Tanaman. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Runtuuwu E, Syahbuddin H, Ramadhani F, Pramudia A, Setyorini D, Kharmila S, Apriyana Y, Susanti E, Haryono, Setyanto P, Las I, dan Sarwani M. 2012. Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu: Status Terkini dan Tantangan Kedepan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 6(2):67-78.
- FAO. 1998. *Crop Evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 66. FAO, Rome.
- FAO. 2012. *Crop Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.
- Hamada J, Yamanaka M, Matsumoto J, Fukao S, Winarso P, Sribimawati T. 2002. Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO. *Journal of Meteorological Society of Japan* 80(2):285-310, doi:10.2151/jmsj.80.285.
- Hidayat R, Kizu S. 2010. Influence of the Madden-Julian oscillation on Indonesian rainfall variability in austral summer. *International Journal of Climatology* 30(12):1816–1825, doi:10.1002/joc.2005.
- Kharmila S, Apriyana Y. 2004. *Kontribusi Analisis Agroklimat Terhadap Kemungkinan Pengembangan Tanaman Sayuran di Daerah Beriklim Kering (Studi Kasus di Desa Selopamiro, Bantul, Yogyakarta)*. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Lidon B. 2001. *Bulletin agroklimat suatu cara meningkatkan produktifitas pola tanam yang berkelanjutan melalui pemahaman yang lebih baik tentang keadaan iklim*. Dalam *Prosiding Seminar Sehari Peranan Agroklimat Dalam Mendukung Pengembangan Usaha Tani Lahan Kering*. Bogor 17 Oktober 2001.
- Heryani N, Kartiwa B, Pujilestari N, Kharmila S. 2006. *Analisis Potensi Masa Tanam dan Pemberian Irigasi Suplementer Untuk Menekan Risiko Kehilangan Hasil di Lahan Kering Dataran Rendah Beriklim Kering*. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14-15 September 2006. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Qian J. 2008. Why precipitation is mostly concentrated over islands in the Maritime Continent *Journal of Atmospheric Science* 65(4):1428–1441, doi:10.1175/2007JAS2422.1.
- Saji N, Goswami B, Vinayachandran P, Yamagata T. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*. 401(6751):360–363, doi:10.1038/43854.
- Shrestha, SF, MD Asch, and M Becker. 2011. Cropping calendar options for rice-wheat production systems at high-altitudes. *Field Crops Research* 121(1): 158-167.
- Surmaini E, Runtuuwu E, Las I. 2010. *Upaya Sektor Pertanian Dalam Menghadapi Perubahan Iklim*. *Journal Litbang Pertanian* 30(1):1-7.
- Tangang FT, Juneng L, Salimun E, Vinayachandran VN, Seng YK, Reason CJC, Behera SK, Yasunari T. 2008. On the roles of the northeast cold surge, the Borneo vortex, the Madden-Julian Oscillation, and the Indian Ocean Dipole during the extreme 2006/2007 flood in southern Peninsular Malaysia. *Geophysical Research Letters* 35(14):1-6.
- Yang G, Slingo J. 2001. The diurnal cycle in the tropics. *Monthly Weather Review* 129(1994):784–801, doi:10.1175/1520-0493.
- Yang Y, LT Wilson, J Wang, and X Li. 2011. Development of an integrated cropland and soil data management system for cropping system applications. *Computers and Electronics in Agriculture* 76(1):105-118.
- Wheeler M, Hendon H. 2004. An all-season real-time multivariate MJO index: development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review* 132(8):1917–1932, doi:10.1175/1520-0493.