



Adaptasi Tanaman Kedelai Pada Lahan Kering dan Lahan Sawah

Dr. Aminah, SP., MP.



**PENERBIT PUSAKA
ALMAIDA**



**ADAPTASI TANAMAN KEDELAI
PADA
LAHAN KERING DAN LAHAN SAWAH**

Dr. Aminah, SP., MP

PENERBIT PUSAKA ALMAIDA

Undang-undang RI Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 2:

1. Hak Cipta merupakan Hak eksklusif bagi Pencipta dan 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.

Ketentuan Pidana

Pasal 72:

1. Barangsiapa dengan sengaja atau tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 Ayat (1) atau Pasal 49 Ayat (1) dan 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. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada Ayat (1) di-pidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

Dr. Aminah, SP., MP

ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING DAN LAHAN SAWAH



**Penerbit
Pusaka AlMaida**

**PENERBIT
PUSAKA ALMAIDA**

ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING DAN LAHAN SAWAH

Dr. Aminah, SP., MP.

-Makassar : © 2020

Copyright © Aminah Muchdar 2020

Hak cipta ada pada Pusaka Almailda

All right reserved

Cetakan Pertama, Maret 2020

Diterbitkan oleh Pusaka Almailda

Dr. Aminah, SP., MP.

Adaptasi Tanaman Kedelai Pada Lahan Kering dan Lahan Sawah

; -cet. 3 -Makassar :

Pusaka Almailda, 2021.

viii + ; 18 X 26 cm

ISBN : 978-623-22620-2-7



Perpustakaan Nasional RI, Data Katalog dalam Terbitan (KDT)
Aminah

**Adaptasi Tanaman Kedelai pada Lahan Kering
dan Lahan Sawah**

--- Makassar: Percetakan Pusaka Almailda 2021 M.

viii + ; 18 X 26 cm

ISBN 978-623-22620-2-7

**Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang Pengutipan atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan menyebut
penulis dan penerbit.**

Diterbitkan oleh Pusaka Almailda

ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING DAN LAHAN SAWAH

Oleh

Dr. Aminah, SP, MP.



**Penerbit
Pusaka Almaida**

Penerbit :

Pusaka Almaida

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penyusunan buku yang berjudul **“Adaptasi Tanaman Kedelai pada Lahan Kering dan Lahan Sawah”** dapat terealisasi. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing dan mengarahkan umatnya ke jalan kehidupan yang penuh dengan rahmat ini.

Buku ini merupakan buku referensi yang disusun berdasarkan hasil kajian beberapa referensi hasil penelitian dan juga penelitian yang telah dilakukan sendiri oleh penulis sejak 2015 sampai 2020. Oleh karena itu pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusunan buku ini dapat terealisasi. Ucapan terima kasih disampaikan kepada :

1. Kementerian Ristek dan Teknologi yang telah memberikan dukungan dana penelitian melalui Skim penelitian Hibah Bersaing, Penelitian Fundamental dan penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)
2. Rektor Universitas Muslim Indonesia melalui Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya (LP2S) yang telah memfasilitasi kami dalam pengusulan hingga pelaksanaan penelitian
3. Rekan - rekan sejawat dan mahasiswa/mahasiswi yang membantu dalam pelaksanaan penelitian

Harapan kami, semoga buku " Adaptasi Tanaman Kedelai pada Lahan Kering dan Lahan Sawah " ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan ilmu tanaman kedepannya khususnya tanaman kedelai.

Makassar, 01 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

No.	Halaman
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Tanaman Kedelai	1
1.2. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman	8
BAB II. PERANAN AIR BAGI TANAMAN KEDELAI	13
2.1. Air Bagi Tanaman Kedelai	17
2.2. Periode Kritis bagi Kedelai	20
BAB III. DAYA ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING	25
3.1. Karakteristik Lahan Kering	26
3.2. Permasalahan Lahan Kering	31
3.3. Cekaman Kekeringan	37
BAB IV. DAYA ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN SAWAH	38
4.1. Karakteristik Lahan Sawah	38
4.2. Permasalahan Lahan Sawah	41
4.3. Cekaman Genangan	54
4.4. Optimalisasi Pemanfaatan Air pada Lahan Sawah	57
4.5. Drainase	60
4.6. Pengairan	63
BAB V. TEKNOLOGI PENGELOLAAN AIR BAGI TANAMAN KEDELAI	71
5.1. Pemanenan Air	74
5.2. Peningkatan dan Pengawetan Lengas Tanah	88
5.3. Pemanfaatan Embung dan Sumur	89
5.4. Pengolahan Tanah	93
5.5. Pemberian Bahan Organik	96
5.6. Penggunaan Mulsa	97
BAB VI. PENUTUP	100 - 103
DAFTAR PUSTAKA	104 - 117

DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Kebutuhan Air Tanaman Kedelai Umur Sedang/Wilis pada Setiap Periode Tumbuh	18
2. Kepekaan Tanaman Terhadap Cekaman kekeringan	40
3. Hasil Biji Kedelai pada berbagai Lebar Bedengan di Tanah Entisol Sleman Jogjakarta	61
4. Hasil Kedelai pada Beberapa Kedalaman Air dalam parit Sebagai Genangan	65
5. Pertumbuhan Tanaman, Komponen Hasil dan Efisiensi Penggunaan Air pada kedelai di Petak Percontohan genangan dan Parit	66
6. Hasil Padi dan Palawija pada Beberapa Pola Tanam di Lahan Sawah Tadah Hujan	66
7. Pengaruh Tinggi Permukaan Air dan Waktu Perendaman terhadap Jumlah Air yang Diberikan terhadap Kandungan Lengas Tanah Sebelum dan Sesudah Perendaman	80
8. Pengaruh Tinggi Permukaan Air dan Waktu Perendaman terhadap Tinggi Tanaman, Umur Panen, Luas Daun, Panjang Akar dan Berat Kering Biomassa	82
9. Pengaruh Tinggi Permukaan Air dan Waktu Perendaman terhadap Kehijauan Daun, Jumlah Polong, Jumlah Biji Pertanaman, berat 100 Biji dan berat Biji Pertanaman	84
10. Kapasitas dan Nilai Ekonomi Penggunaan Pompa Air Tipe Sepak Dan Tipe Sentrifugal untuk Pengairan Tanaman Kedelai	93
11. Berat Isi Tanah di Lapisan Atas (0-20 cm) dan Lapisan Bawah (20-40 cm) Tanah pada Kedalaman Olah	94

- | | |
|---|----|
| 12. Pengaruh Kedalaman Olah Tanah dan Pemberian Bahan Organik Terhadap Kandungan Lugas Tanah, Tinggi Tanaman dan Hasil Kedelai di Muneng, 1996/1997 | 96 |
| 13. Pengaruh Pemberian berbagai macam Bahan Organik terhadap Beberapa Sifat Tanah Entisol di Mojosari. | 98 |

DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Hubungan antara Kandungan Air Tanah dengan Potensial Air	9

BAB I

PENDAHULUAN

Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr) merupakan salah satu tanaman pangan terpenting di Indonesia yang menempati urutan ketiga setelah padi dan jagung. Kedelai mempunyai arti penting untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam rangka perbaikan gizi masyarakat, karena merupakan sumber protein nabati yang relative murah bila di bandingkan sumber protein lainnya seperti daging, susu dan ikan. Kedelai merupakan salah satu bahan pangan dengan kandungan protein tinggi (39%) dibanding dengan kacang-kacangan yang lain dan mempunyai prospek pemasaran lebih baik sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani. Kebutuhan akan kedelai terus meningkat dari

tahun ketahun seiring dengan bertambahnya penduduk (Sutrisno, dkk, 2015). Produksi kedelai yang tidak seimbang dengan bertambahnya jumlah dan kebutuhan penduduk merupakan salah satu penyebab kelangkaan komoditi kedelai. Untuk memenuhi kebutuhan kedelai, salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam budidaya tanaman kedelai adalah kebutuhan air tanaman (Tia Yuliawati, dkk. 2014).

Pertumbuhan ekonomi negara-negara berkembang seperti halnya Indonesia telah mengubah pola konsumsi penduduknya ke arah pola pangan yang lebih beragam dan seimbang kandungan gizinya. Hal tersebut berimplikasi bahwa bahan pangan yang diproduksi perlu menyesuaikan dengan tuntutan pasar, sehingga mampu menyediakan aneka ragam bahan pangan untuk memenuhi konsumsi penduduk. Terkait perubahan pola konsumsi tersebut, kebutuhan protein nabati akan terus meningkat seiring dengan pertambahan penduduk, urbanisasi dan peningkatan pendapatan (BPS, 2019).

Kebutuhan kedelai setiap tahunnya sebesar $\pm 2.500.000$ ton biji kering, sementara produksi dalam negeri saat ini hingga tahun 2018 mencapai 859.653 ton. Sehingga untuk memenuhi

kekurangan kebutuhan tersebut harus dengan jalan impor (BPS, 2019). Kebutuhan kedelai di Indonesia setiap tahun meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah, tetapi belum dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri karena area panennya terus berkurang dan produktivitasnya berfluktuasi. Penurunan areal tanam antara lain disebabkan oleh daya saing kedelai terhadap komoditas lain lebih rendah, sehingga petani beralih ke komoditas yang lebih menguntungkan. Produktivitas yang berfluktuasi antara lain disebabkan oleh tidak optimalnya pasokan kebutuhan air (Harsono, dkk, 2017)

Kedelai menjadi salah satu komoditas unggulan strategis setelah padi dan jagung, karena kebutuhan industri pangan dalam negeri terhadap komoditas pangan tersebut sangat tinggi. Kedelai selain berguna untuk mencukupi kebutuhan gizi, juga bermanfaat sebagai obat pencegah kanker dan jantung koroner sebab kedelai memiliki phenolik dan asam lemak tidak jenuh yang dapat menghalangi munculnya nitrosamine pemicu sel kanker. Kedelai juga mengandung letichin yang dapat menghancurkan timbunan lemak dalam tubuh manusia sehingga secara tidak

langsung dapat menekan penyakit darah tinggi dan diare (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Salah satu cara peningkatan produksi kedelai yaitu peningkatan luas areal panen yang dapat di capai dengan ekstensifikasi ke areal lahan kering yang keberadaannya sangat luas di Indonesia BPS (2016), dan juga pada lahan sawah dimana disaat musim hujan air selalu melimpah dan menggenangi cukup lama pada lahan sawah sehingga di beberapa wilayah terjadi kondisi jenuh air.

Upaya peningkatan produksi kacang kedelai sudah diupayakan ditingkatkan melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi. Peningkatan produksi melalui intensifikasi yaitu meningkatkan hasil biji per hektar, antara lain dengan memperbaiki sistem budidaya tanaman, misalnya penggunaan kultivar unggul yang mempunyai daya tahan terhadap kekeringan. Peningkatan produksi kedelai secara ekstensifikasi adalah melalui penambahan luasan areal tanam dengan memanfaatkan lahan kering.

Di sisi lain, usaha ekstensifikasi pertanian juga dihadapkan pada masalah keterbatasan lahan subur, sehingga sejak beberapa tahun terakhir pengembangan pertanian diarahkan pada lahan sub optimal diantaranya adalah lahan kering (Kepas, 1998). Lahan kering merupakan ekosistem yang sangat potensial sebagai salah satu tumpuan sumber daya lahan bagi pembangunan pertanian. Dengan faktor pembatas yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan lahan rawa seperti gambut dan pasang surut. Jenis komoditas yang dapat dikembangkan pada ekosistem lahan kering juga lebih beragam, baik tanaman pangan maupun hortikultura dan perkebunan (Ai Dariah dan Irsal Las, 2010).

Fakta menunjukkan, masyarakat miskin di lahan kering marginal umumnya mempunyai kapabilitas yang lemah (terutama modal), terdapat budaya usahatani yang tidak disadari merusak lingkungan dan adopsi teknologi yang rendah. Ketiga hal tersebut merupakan faktor penentu yang paling berkaitan dan membawa dampak negatif terhadap pengembangan lahan akhirnya menciptakan lahan kritis dan tidak produktif (Herman S., dan Handewi, 2004).

Sektor pertanian Indonesia menghadapi tantangan karena penggunaan sumberdaya lahan yang berlebihan dan kurang bertanggung jawab. Usaha ekstensifikasi dihadapkan pada masalah keterbatasan lahan subur, sehingga pengembangan pertanian diarahkan pada lahan kering (Rina Nuryati, dkk 2019).

Sektor pertanian bagi Indonesia merupakan salah satu sektor yang mempunyai kontribusi penting dalam pembangunan nasional, melalui perannya dalam pembentukan PDB, penyerapan tenaga kerja, dan sumber pendapatan masyarakat, serta perannya dalam memproduksi produk pertanian untuk penyediaan pangan, pakan, bahan baku industri dan ekspor. Akan tetapi, saat ini dan di masa yang akan datang Indonesia menghadapi sejumlah tantangan dan kendala cukup besar dalam melaksanakan pembangunan sektor pertanian, karena terjadinya penggunaan sumberdaya lahan yang berlebihan serta kurang bertanggung jawab. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kerusakan pada sumberdaya lahan dengan berbagai akibat ikutannya seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dan lain- lain. Tekanan atas sumberdaya lahan juga semakin meningkat disebabkan oleh populasi penduduk yang terus berkembang,

bertambahnya kebutuhan akan pangan dan pakan ternak, biaya input yang tinggi dan kekhawatiran terjadinya perubahan iklim.

Penyebab rendahnya produksi kedelai antara lain 65% luas areal tanaman kedelai di usahakan pada lahan kering dan 35% diusahakan pada lahan sawah yang beririgasi pada musim kemarau (BPS, 2016).

Kendala yang dihadapi di lahan kering antara lain persediaan air terbatas sangat bergantung pada curah hujan, produktivitas lahannya relatif rendah. Akibat terbatasnya ketersediaan air dalam tanah, maka umumnya produksi tanaman relatif rendah. Agar tanaman kedelai yang dibudidayakan pada lahan kering tetap mampu memproduksi tinggi perlu dilakukan rekayasa fisiologis, yaitu dengan mengatur proses membukanya stomata. Tanaman kedelai yang mengalami kekeringan stomatanya akan menutup guna mengurangi proses transpirasi, namun penutupan stomata yang berlangsung secara terus menerus berakibat pertumbuhan terganggu sehingga produksinya akan rendah. Untuk mengupayakan agar stomata tidak selalu menutup, dapat ditempuh dengan memperkecil peranan ABA di dalam daun dengan menggunakan senyawa Osmolit Sorbitol.

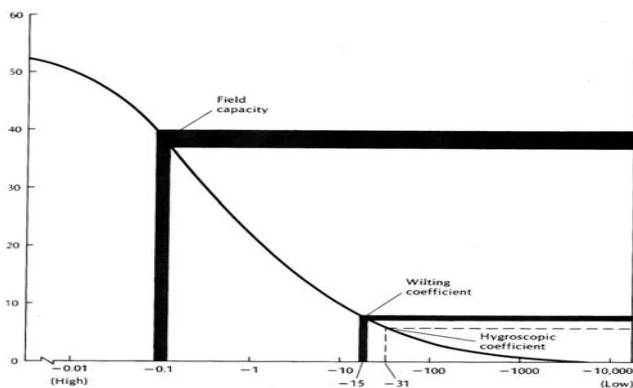
Tanaman yang mengalami kekeringan akan memicu terjadinya proses biosintesis ABA. Proses tersebut terjadi karena pada kondisi kekurangan air proses oksidasi di dalam protoplasma berlangsung secara terus-menerus (Bray, 1988).

Lebih lanjut dijelaskan Ariffin (2001) yang meneliti tanaman kacang hijau mendapatkan bahwa kacang hijau yang mengalami cekaman kekurangan air selama stadia vegetatif maupun sepanjang hidupnya kandungan asam absisat (ABA) meningkat tiga kali lipat dibandingkan tanaman yang tidak tercekam. ABA merupakan hormon yang disintesis di dalam akar dan ditranslokasikan ke daun, dan mungkin juga disintesis oleh sel penjaga itu sendiri (Assmann dan Shimasaki, 1999). ABA yang terdapat di daun khususnya pada sel penjaga mengendalikan proses penutupan stomata (Turner, 1986).

Hubungan Tanah, Air dan Tanaman

Molekul air dalam tanah terikat partikel tanah secara langsung oleh gaya adhesi dan tidak langsung oleh gaya kohesi antarmolekul air. Atas dasar gaya-gaya tersebut, air tanah diklasifikasikan menjadi: (1) air higroskopik, (2) air kapiler, dan (3) air gravitasi (Knuti et al. 1984) yang menurut Brady (1990)

disebut sebagai klasifikasi fisik. Air higroskopis adalah bagian dari air tanah yang terikat sangat kuat oleh partikel tanah pada kondisi kering udara (setara potensial air -31 bar) dan tidak tersedia bagi tanaman. Air kapiler adalah bagian dari air tanah yang mengisi pori kapiler tanah, di mana ikatan akibat gaya kohesi lebih besar dari gaya adhesinya. Air kapiler tersedia bagi tanaman dan umum disebut sebagai air tersedia. Air gravitasi adalah bagian dari air tanah yang turun ke bawah akibat gaya gravitasi dan tidak tersedia bagi tanaman. Jumlah air dalam tanah biasanya dinyatakan dalam persentase kandungan air, dan potensial air tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara kandungan air tanah dengan potensial air (Brady 1990).

Secara praktis, potensi air tanah secara kuantitatif dinyatakan dalam satuan energi per satuan berat atau setara dengan tinggi permukaan air atau air raksa (Hillel 1982), misalnya tekanan 1 atm setara dengan tekanan kolom air setinggi 1033 cm atau air raksa (Hg) setinggi 76 cm. Kapasitas lapang (field capacity) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kandungan air maksimum yang dapat ditahan oleh tanah setelah air pada kondisi jenuh turun ke bawah akibat gravitasi, umumnya 1 atau 2 hari setelah kondisi jenuh (Landon 1984). Besarnya nilai kapasitas lapang bergantung pada tekstur tanah, tipe mineral liat (clay), kandungan bahan organik tanah, dan struktur tanah. Kandungan air pada kapasitas lapang setara dengan kandungan air pada potensial $-0,33$ bar atau setara dengan $0,3$ atm atau pF 2,53 (Hillel 1982, Jenny 1980, Landon 1984). Makin tinggi kandungan liat makin tinggi pula kandungan air pada kapasitas lapang. Makin tinggi kandungan oksida besi pada tanah-tanah yang berpelapukan lanjut juga meningkatkan air tersedia (Hidayat et al. 2002). Peningkatan kandungan C-organik sebesar 1% meningkatkan kandungan air tersedia sebesar 2% (Olness and Archer 2005).

Air tersedia (available water capacity) adalah air yang ditahan oleh tanah antara kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen (permanent wilting point). Kondisi titik layu permanen adalah kondisi air tanah di mana daun tanaman menunjukkan kondisi layu yang tidak dapat pulih kembali pada kondisi kelembaban udara jenuh, atau setara dengan kandungan air pada potensial -15 bar atau nilai pF 4,2 (Landon 1984). Air tanah yang terikat oleh partikel tanah pada kondisi potensial lebih rendah dari -15 bar disebut air tidak tersedia (Brady 1990). Tidak semua air yang berada pada kondisi antara kapasitas lapang dan titik layu permanen dapat diserap oleh tanaman. Landon (1984) memberi perkiraan sekitar 66% dari total air tersedia yang dapat diserap tanaman, penelitian lain menunjukkan bahwa serapan nitrogen, fosfor, dan kalium serta hasil tertinggi kedelai varietas Wilis di tanah Latosol (Ultisol) dicapai pada kandungan air tanah 125% dari air tersedia, Syahbudin et al. (1998).

Air dalam fase cair merupakan bagian penting dalam daur pertumbuhan tanaman. Sekitar 70-90% dari bobot tanaman merupakan zat cair, namun hanya sekitar 0,01% yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Dalam tanaman, air merupakan pelarut

dari garam-garam anorganik, gula dan beberapa senyawa organik. Oleh karena itu, air berperan penting dalam translokasi hara dan metabolit ke seluruh bagian tanaman. Karena pentingnya fungsi air, sehingga air dapat dianggap sebagai nutrisi tanaman (Mengel and Kirkby 1978). Untuk memenuhi kebutuhannya, tanaman menyerap air melalui perakaran. Kecepatan penyerapan air dari tanah oleh tanaman ditentukan oleh kerapatan akar (panjang akar efektif per satuan volume tanah), konduktivitas tanah terhadap air, dan perbedaan potensial air dalam tanah dengan akar (Hillel 1982).

BAB II

PERANAN AIR BAGI TANAMAN KEDELAI

Selama siklus hidup tanaman, mulai dari perkecambahan sampai panen selalu membutuhkan air. Tidak satupun proses kehidupan tanaman yang bebas dari air. Fungsi air bagi tanaman adalah sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis (sumber hidrogen), penyusun protoplasma sekaligus memelihara turgor sel, bahan atau media dalam proses transpirasi, pelarut unsur hara dalam tanah dan dalam tubuh tanaman, media translokasi unsur hara dalam tanah ke akar untuk selanjutnya dikirim ke daun (Sugito, 1999). Fungsi lain dari air adalah pengatur suhu bagi tanaman, dan sebagai

transpor dari garam-garam, gas dan material lain dalam tubuh tanaman (Jumin, 1989).

Air masuk dalam tubuh tanaman disebabkan oleh dua faktor, yaitu tegangan daun dan perbedaan potensial air yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi air tanah dengan air dalam jaringan akar. Akar tanaman melakukan penyerapan/absorpsi aktif dan pasif. Absorpsi aktif terjadi karena adanya transpirasi yang merupakan kegiatan fisiologi sebagai tindak lanjut dari metabolisme tanaman yang tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sedangkan absorpsi pasif terjadi karena tanaman bertranspirasi secara cepat sebagai tanggap terhadap perubahan lingkungan, misalnya temperatur dan intensitas cahaya yang terlalu tinggi. Faktor yang mempengaruhi absorpsi air oleh akar antara lain ketersediaan air tanah, temperatur tanah, sirkulasi udara tanah, konsentrasi larutan dalam tanah, sistem perakaran (Irawan,2006).

Absorpsi air oleh tanaman selama pertumbuhan berubah sesuai dengan perkembangan tanaman. Pada awal pertumbuhan karena permukaan transpirasi kecil maka absorpsi

rendah. Absorpsi meningkat dengan berkembangnya tanaman dan akan mencapai maksimum saat indeks luas daun maksimum. Dengan gugurnya daun tua, ILD akan turun yang diikuti penurunan kebutuhan air. Kecepatan transpirasi dipengaruhi oleh luas dan struktur daun, stomata, faktor lingkungan yang mempengaruhi perbedaan potensial air. Jika transpirasi lebih tinggi dari absorpsi maka akan terjadi cekaman air, karena terjadi saat hari panas yaitu suhu tinggi dan kelembaban rendah maka cekaman ini sering disebut cekaman tengah hari dan sifatnya sementara. Namun cekaman air yang disebabkan oleh ketersediaan air tanah bersifat jangka panjang (Irawan 2006).

Cekaman air dapat menyebabkan menutupnya stomata sehingga difusi CO₂ dari atmosfer ke daun terhenti, menurunkan kandungan klorofil daun, menghambat proses translokasi unsur hara dan fotosintat. Hal-hal tersebut dapat menurunkan kecepatan fotosintesis yang pada akhirnya dapat menyebabkan rendahnya hasil akhir yang diperoleh (Irawan, 2006).

Dampak dari cekaman ditegaskan oleh Irawan (2006) yang menyatakan bahwa cekaman air dapat menurunkan turgor

sel yang berpengaruh terhadap terhambatnya pembesaran sel sehingga bagian tanaman yang terbentuk berukuran kecil, misalnya daun. Hal ini dapat menurunkan intersepsi cahaya matahari sehingga kemampuan fotosintesis berkurang. Cekaman juga dapat menyebabkan menutupnya stomata dan terjadinya dihidrasi protoplasma yang dapat mengurangi aktivitas protoplasma seperti permeabilitas, viskositas dan aktivitas enzim. Selain itu cekaman dapat menurunkan kandungan tepung dan meningkatkan kadar gula, menurunkan sintesis protein dan meningkatkan kandungan asam amino, menghambat pembentukan zat pengatur tubuh seperti pembentukan auksin, penurunan aktivitas sitokinin dan penyediaan giberelin ke batang. Pada kedelai kandungan protein menurun dengan adanya cekaman. Cekaman dapat menurunkan hasil bahkan gagal membentuk hasil dan jika terjadi pada intensitas yang tinggi dan waktu yang lama dapat menyebabkan tanaman mati (Pratama, 2011).

Kekurangan air dapat menghambat laju fotosintesis, karena turgiditas sel penjaga stomata akan menurun. Hal ini

menyebabkan stomata menutup. Penutupan stomata pada kebanyakan spesies akibat kekurangan air pada daun akan mengurangi laju penyerapan CO_2 pada waktu yang sama dan pada akhirnya akan mengurangi laju fotosintesis. Disamping itu penutupan stomata merupakan faktor yang sangat penting dalam perlindungan tanaman terhadap cekaman kekeringan yang berat (Pratama, 2011).

Air Bagi Tanaman Kedelai

Tersedianya air selama pertumbuhan tanaman sangat menentukan daya hasil kedelai. Sumarno dan Harnoto (2007) mengemukakan bahwa curah hujan merata selama tiga bulan dan berkisar 100 mm/bulan cukup baik untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Kebutuhan air untuk tanaman kedelai selama musim tanam 300 – 350 mm/musim atau 100 mm/bulan. Tanaman kedelai yang mendapatkan curah hujan kurang dari 100 mm/bulan atau 3,3 mm/hari akan mengalami resiko kekeringan. Kebutuhan air pada tanaman kedelai berbeda untuk setiap periode pertumbuhan, selain itu kebutuhan airnya juga bervariasi menurut varietasnya. Untuk tanaman kedelai varitas

sedang (Wilis) kebutuhan airnya dapat dilihat pada Tabel 1. (Fagi dan Tangkuman, 1995).

Tabel 1. Kebutuhan Air Tanaman Kedelai Umur Sedang (Wilis) pada setiap Periode Tumbuh (Fagi dan Tangkuman, 1995).

Stadia Tumbuh	Periode (Hari)	Kebutuhan Air $\approx$ ET (mm/periode)
Pertumbuhan awal	0 – 15	53 – 62
Vegetatif Aktif	16 – 30	53 – 62
Pembungaan-Pengisian Polong	31 – 65	124 – 143
Kematangan Biji	66 – 85	70 – 83

Walaupun seabagai tanaman palawija yang tidak banyak membutuhkan air pada saat stadia awal pertumbuhan, namun pada saat berbunga dan pengisian polong ketersediaan air sangat diperlukan. Bila mengalami kekeringan maka produktivitas kedelai dapat turun 40 – 65% (Adisarwanto dan Wudianto, 2007).

Kekurangan atau kelebihan air akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Akibat kekeringan yang terjadi pada setiap priode tumbuh kedelai.

1. Pada priode tumbuh aktif dapat menghambat pertumbuhan daun meluruhkan daun pada cabang bawah
2. Pada priode pembuangan dapat mempertinggi kerontokan bunga
3. Pada periode pembentukan polong dapat menghambat pembentukan dan meluruhkan polong yang baru terbentuk
4. Pada priode pengisian polong dapat mengurangi jumlah biji dan kepadatan ukuran biji (Fagi dan Tangkuman, 1985)

Menurut hasil penelitian Kusparwanti (1994), menyatakan bahwa kekurangan air pada stadium vegetatif (7 – 12 hst) tidak menyebabkan kerusakan yang berarti akan tetapi kekurangan air pada fase penyerbukan dan pengisian biji (30-45 dan 55 hst) akan menurunkan hasil.

5. Pada priode tumbuh aktif dapat menghambat pertumbuhan daun meluruhkan daun pada cabang bawah
6. Pada priode pembuangan dapat mempertinggi kerontokan bunga

7. Pada periode pembentukan polong dapat menghambat pembentukan dan meluruskan polong yang baru terbentuk
8. Pada periode pengisian polong dapat mengurangi jumlah biji dan kepadatan ukuran biji (Fagi dan Tangkuman, 1995)

Periode Kritis Bagi Tanaman Kedelai

Air merupakan penyusun utama tumbuhan yang disimpan di dalam vakuola sel, berfungsi antara lain sebagai pelarut, media tempat reaksi-reaksi biokimia, pengatur pengembangan jaringan, dan penting untuk proses fisiologi seperti pembelahan sel, respirasi, dan fotosintesis (Galston et al. 1980, Levitt 1980). Pertumbuhan tanaman dikendalikan langsung oleh status air dalam tanaman dan tidak langsung oleh status air tanah. Oleh karena itu, ketersediaan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman merupakan syarat penting dalam keberhasilan usahatani kedelai.

Kelebihan atau kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan kedelai. Kelebihan air menyebabkan genangan dan menimbulkan cekaman aerasi, sedangkan kekurangan air menyebabkan cekaman kekeringan. Upaya pengaturan air untuk pertanian agar sesuai dengan kebutuhan tanaman kedelai telah banyak dilakukan. Untuk

mengatasi kelebihan air antara lain dibuat saluran drainase dengan jarak tertentu, sedangkan di daerah kering dibuat sumur-sumur pompa atau tampungan dan saluran air untuk pengairan tanaman saat dibutuhkan. Kebutuhan air tanaman kedelai ditentukan oleh kondisi iklim, cara budi daya, dan umur varietas yang ditanam. Selama pertumbuhannya, kedelai (85-100 hari) membutuhkan air sebanyak 300 mm hingga 450 mm atau 2,5-3,3 mm/hari dengan kandungan lengas tanah optimum berkisar pada tegangan (potensial) air 0,3-0,5 atm (Kung dalam Fagi dan Tangkuman 1985, Zandstra 1982, Doorenbos and Kassam 1979).

Kebutuhan air selama periode vegetatif (sampai umur 35 hari) adalah 126 mm dan selama pertumbuhan generatif (umur 35-85 hari) 203 mm. Kebutuhan air tanaman pada awal periode pertumbuhan sedikit, kemudian meningkat hingga kanopi daun berkembang dan menutup sempurna, selanjutnya berkurang hingga menjelang panen (Stansell et al. dalam Boote et al. 1982). Pada puncak berbunga dan fase-fase kritis terhadap kekeringan, tanaman membutuhkan air lebih banyak. Di tanah Vertisol dan Entisol, hasil kedelai yang tinggi dicapai pada kandungan air masing-masing berkisar antara 70-85% dan 62-75% dari kapasitas

lapang, tetapi penggunaan air lebih efisien pada kandungan lengas tanah 25-50% di bawah kapasitas lapang. Efisiensi penggunaan air pada tanah Vertisol lebih tinggi dibanding tanah Entisol. Untuk mempertahankan lengas tanah pada kadar tertentu, tanah Vertisol membutuhkan air lebih sedikit dibanding Entisol, tetapi tanah Vertisol membutuhkan air lebih banyak untuk mencapai kapasitas lapang (Suyamto et al. 1998).

Di daerah beriklim kering, tanaman membutuhkan air lebih banyak, karena kehilangan air akibat evapotranspirasi lebih besar dibanding di daerah beriklim basah. Cara budidaya seperti pengolahan tanah, jarak tanam, pemupukan, penggunaan mulsa, dan sistem tanam tumpangsari berpengaruh terhadap jumlah penggunaan air oleh tanaman. Varietas berumur pendek membutuhkan air lebih sedikit dibanding yang berumur panjang. Varietas toleran kekeringan membutuhkan air lebih sedikit karena dapat memanfaatkan air lebih efisien dibanding varietas-varietas yang kurang tahan toleran (Harsono et al. 2003).

Jumlah air yang digunakan oleh tanaman kedelai tergantung pada kondisi iklim, sistem pengelolaan tanaman, dan lama periode tumbuh. Namun demikian, pada umumnya kebutuhan

air pada tanaman kedelai berkisar 350-450 mm selama masa pertumbuhan kedelai. Pada saat perkecambahan, faktor air menjadi sangat penting karena akan berpengaruh pada proses pertumbuhan. Kebutuhan air semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman. (Harsono et al. 2003).

Kebutuhan air paling tinggi terjadi pada saat masa berbunga dan pengisian polong. Kondisi kekeringan menjadi sangat kritis pada saat tanaman kedelai berada pada stadia perkecambahan, pembungaan dan pembentukan polong. Untuk mencegah terjadinya kekeringan pada tanaman kedelai, khususnya pada stadia berbunga dan pembentukan polong, dilakukan dengan waktu tanam yang tepat, yaitu saat kelembaban tanah sudah memadai untuk perkecambahan. Selain itu, juga harus didasarkan pada pola distribusi curah hujan yang terjadi di daerah tersebut. Tanaman kedelai sebenarnya cukup toleran terhadap cekaman kekeringan maksimal 50% dari kapasitas lapang atau kondisi tanah yang optimal. Selama masa stadia pemasakan biji, tanaman kedelai memerlukan kondisi lingkungan yang kering agar diperoleh kualitas biji yang baik. Kondisi lingkungan yang kering akan mendorong proses pemasakan biji lebih cepat dan bentuk biji yang seragam (Irawan, 2006).

BAB III

DAYA ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN KERING

Daya adaptasi suatu tanaman pada kondisi kekeringan merupakan kemampuan tanaman untuk tumbuh normal pada kondisi kekurangan air. Mekanisme tanggapan tanaman terhadap cekaman air meliputi pengurangan potensial air atau aktivitas air selulair, penurunan tekanan turgor sel, perubahan hubungan antara

plasmalemma, tonoplas dan membran organel dengan perubahan volume, perubahan struktur atau konfigurasi dari makromolekul oleh hilangnya hidrasi air atau modifikasi struktur dari air. Reaksi yang ditimbulkan tanaman untuk mempertahankan diri terhadap kekeringan serta kehilangan air dapat diperkecil, diwujudkan dalam bentuk membuka dan menutupnya stomata, lapisan kutikula, keberadaan bulu-bulu pada permukaan daun dan lain-lain, kesemuanya berperan sebagai faktor penghambat terhadap laju kehilangan air dari jaringan tanaman. Proses penutupan stomata merupakan kunci utama penentu jumlah air yang hilang. Sektor pertanian Indonesia menghadapi tantangan karena penggunaan sumberdaya lahan yang berlebihan dan kurang bertanggung jawab. Usaha ekstensifikasi dihadapkan pada masalah keterbatasan lahan subur, sehingga pengembangan pertanian diarahkan pada lahan kering (Harsono, dkk. 2017).

Karakteristik Lahan Kering

Pengelolaan lahan kering perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk yang jumlahnya semakin meningkat sekaligus mendukung pemantapan ketahanan pangan. Penduduk

Indonesia bertambah sekitar 1,34% pertahun (BPS, 2016), sementara di pihak lain terdapat perubahan pola konsumsi penduduk dari non beras ke beras, terjadi peningkatan konversi lahan sawah irigasi untuk kepentingan non pertanian, dan tingkat produktivitas padi sawah mengalami pelandaian (*levelling off*). Dalam kurun waktu 1981-1999 telah terjadi alih fungsi lahan sawah ke penggunaan lahan non sawah seluas 1,6 juta ha (Irawan dkk, 2006). Bila diasumsikan produktivitas lahan sawah sebesar 6,0 t/ha gabah kering panen (GKP), maka telah terjadi kehilangan produksi sebanyak 9,6 juta ton GKP/tahun (Agus dkk, 2005). Permasalahan pengurangan produksi pangan ini perlu diatasi dengan usaha peningkatan produktivitas lahan sawah yang ada, pencetakan lahan sawah baru, dan pengelolaan serta pengembangan lahan potensial lainnya termasuk lahan kering yang masih cukup luas.

Istilah lahan kering seringkali digunakan untuk padanan *upland*, *dryland* atau *unirrigated land*. Kedua istilah terakhir mengisyaratkan penggunaan lahan untuk pertanian tadah hujan. *Upland* menunjukkan lahan yang berada di suatu wilayah berkedudukan lebih tinggi yang diusahakan tanpa penggenangan air seperti lahan padi sawah (Notohadinegoro, 2000). Lahan kering

adalah hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian besar waktu dalam setahun (Adimihardja dkk 2000).

Penggunaan lahan kering untuk pertanian di Indonesia pada umumnya dikelompokkan untuk pekarangan, tegalan/kebun/ladang, padang rumput, perkebunan, tanaman kayu-kayuan, dan lahan tidak diusahakan. Lahan kering untuk perkebunan yang belum dikelola seluas $\pm 12,2$ juta ha, tegalan/kebun/ladang seluas $\pm 9,7$ juta ha (BPS, 2016). Lahan kering yang belum diusahakan ternyata masih luas, yang disertai indeks pertanaman yang rendah terutama di luar Pulau Jawa, menunjukkan bahwa sebagian lahan belum dikelola secara benar.

Pengelolaan sumberdaya lahan kering merupakan suatu cara pengelolaan bagian lingkungan hidup untuk mendapatkan kesejahteraan bagi manusia. Pengelolaan sumberdaya lahan harus dipandang sangat penting berdasarkan pertimbangan bahwa proses pembangunan yang sedang dan akan dilakukan di Indonesia masih tergantung pada cara memanfaatkan potensi sumberdaya lahannya. Sumberdaya lahan kering dengan segala anasir (*component*) di dalamnya termasuk tanah, batuan, lereng, air, dan

biota harus dikelola dengan baik agar mendapatkan manfaat yang optimal dan berkesinambungan antar penggunaannya. (Rina Nuryati, dkk. 2019)

Memasuki era millenium ke-3 saat ini perlu dirumuskan kembali paradigma dan konsepsi tentang pengelolaan sumberdaya alam termasuk reformasi pengelolaan lahan kering. Reformasi pengelolaan lahan kering antara lain meliputi berbagai gatra (*aspect*): lahan kering sebagai sistem pendukung utama kehidupan manusia, penggunaan teknologi sumberdaya lahan, kebijakan, kelembagaan/pranata, dan tata ruang pendayagunaannya. Reformasi pengelolaan lahan kering ini mutlak perlu dilaksanakan guna mendukung dan sekaligus memantapkan swasembada pangan di Indonesia. (Kepas, 1998).

Mekanisme tanggapan tanaman terhadap cekaman air meliputi pengurangan potensial air atau aktivitas air selulair, penurunan tekanan turgor sel, perubahan hubungan antara plasmalemma, tonoplas dan membran organel dengan perubahan volume, perubahan struktur atau konfigurasi dari makromolekul oleh hilangnya hidrasi air atau modifikasi struktur dari air. Reaksi yang ditimbulkan tanaman untuk mempertahankan diri terhadap

kekeringan serta kehilangan air dapat diperkecil, diwujudkan dalam bentuk membuka dan menutupnya stomata, lapisan kutikula, keberadaan bulu-bulu pada permukaan daun dan lain-lain, kesemuanya berperan sebagai faktor penghambat terhadap laju kehilangan air dari jaringan tanaman. Proses penutupan stomata merupakan kunci utama penentu jumlah air yang hilang (Aminah, dkk. 2013)

Ketahanan tanaman terhadap kekeringan merupakan ekspresi total kemampuan tanaman untuk hidup, tumbuh dan akhirnya memberikan hasil yang dipanen. Tanaman dapat bertahan terhadap kekeringan dengan cara menghindari atau mentolerir kekeringan tersebut. Pelepasan kekeringan (drought avoidance) adalah kemampuan tanaman menyerap cukup air atau menekan kehilangan air cukup cepat untuk dapat menghindari cekaman kekeringan pada sel-sel atau jaringan tanaman. Toleransi terhadap kekeringan adalah kemampuan sel-sel untuk tetap hidup dan melaksanakan fungsi metabolisme kalau jaringan mengalami kekurangan air (Samosir, 2010).

Kebanyakan ketahanan terhadap kekeringan adalah berbentuk menghindari kekeringan. Hal ini dapat dicapai dengan

pematangan lebih awal, sehingga tanaman sudah masak sebelum waktu yang normal. Sistem perakaran yang ekstensif (meluas) yang memungkinkan tanaman tumbuh baik pada kondisi kelembaban tanah membatasi pertumbuhannya karena terbatasnya sistem perakaran. Pengurangan transpirasi terjadi dengan jalan merontokkan daun, menutup stomata lebih awal atau daun mempunyai kutikula yang tebal (Samosir, 2010).

Permasalahan Lahan Kering

Permasalahan utama yang perlu mendapat perhatian khusus pada lahan kering adalah konservasi lahan kering dan kendala produksi. Di lahan kering, kedelai yang ditanam pada awal musim hujan umumnya kurang baik dan memberikan hasil rendah karena curah hujan tinggi dan radiasi surya kurang, sehingga petani lebih memilih bertanam jagung atau padi gogo. Kedelai yang ditanam pada akhir musim hujan juga sering menghadapi kekeringan, terutama di daerah-daerah kering beriklim C3 hingga E dengan bulan basah 3-6 bulan per tahun. Oleh karena itu, pengaturan pola tanam, penggunaan varietas toleran kekeringan, konservasi lengas tanah, dan pemanfaatan air secara efisien merupakan faktor

penting dalam budidaya kedelai di lahan kering (Harsono, dkk, 2017).

Masalah lain yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan kering adalah rendah kapasitas pegang air tanah. Dalam kondisi tanah jenuh, saat air presifitasi melebihi kapsitas pegang air tanah, air akan menempati pori-pori tanah, sedangkan air yang berada pada pori-pori drainase sebagian besar akan hilang sebagai air derainase sebelum sempat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai akibat dari sangat kecilnya daya pegang air tanah. Jadi diperlukan penanganan tertentu yang dapat meningkat daya pegang air tanah zona perakaran saat hujan dan memperkecil atau bahkan mencegah kehilangan air dari permukaan tanah oleh evaporasi.

Kendala produksi di lahan kering adalah kondisi fisik lahan (kedalaman tanah relatif dangkal, sebagian horizon A atau B hilang tererosi, lereng curam, kekeringan, teknologi (penerapan teknik konservasi yang lemah), dan sosial ekonomi (ketiadaan modal untuk menerapkan teknologi anjuran dan tiadanya subsidi dan kredit bagi petani pelaksana teknologi konservasi). Agregat dari kendala fisik, teknologi, dan sosial ekonomi tersebut adalah produktivitas lahan rendah. Biaya untuk meningkatkan produktivitas

lahan meningkat, jumlah penduduk miskin bertambah, dan yang dikhawatirkan adalah ketidakstabilan ekonomi, sosial, dan politik (Fagi dan Las, 2006).

Multifungsi pertanian lahan kering perlu dilihat dalam konteks dimensi yang lebih luas, yaitu selain sebagai penyedia bahan pangan juga mempunyai jasa atau manfaat terhadap lingkungan, baik lingkungan biofisik dan kimia maupun sosial-ekonomi (Agus *et al.*, 2003; Yoshida, 2001; Eom and Kang, 2001; Suh, 2001). Sebagai penghasil pertanian, lahan kering berkontribusi dalam ketahanan pangan, penyangga ekonomi, nilai sosial dan budaya (Irawan *et al.*, 2004). Sebagai penyedia jasa ekosistem/lingkungan, lahan kering berfungsi dalam pengendalian erosi, mitigasi banjir, keanekaragaman hayati dan pendaur ulang bahan organik (Notohadinegoro, 2000; Agus *et al.*, 2004). Tanah berkemampuan membersihkan limbah dari bahan atau zat-zat pencemar yang dikandungnya dengan jalan menyaring, menyerap, dan atau mengurai. Dengan demikian tanah berkesanggupan untuk bertindak sebagai faktor sanitasi lingkungan hidup (Notohadinegoro, 2000).

Kebijakan pembangunan lahan kering yang sebagian besar wilayahnya berlereng > 15%, perlu mempertimbangkan multi

fungsi pertanian dan lingkungan hidup. Kebijakan pembangunan yang tidak memihak kepada pertanian akan mengganggu stabilitas ketahanan pangan, memperburuk kualitas lingkungan, dan berdampak buruk terhadap stabilitas ekonomi, sosial dan politik. Untuk keterlanjutan perikehidupan dan menjamin kesejahteraannya, manusia tidak mungkin mengabaikan upaya mencegah degradasi berbagai fungsi tanah. (Fagi dan Las, 2006).

Pengembangan pertanian di lahan kering untuk tanaman pangan perlu didorong dengan berbagai inovasi teknologi, mengingat potensinya yang besar sehingga cukup potensial untuk mendukung usaha pemantapan ketahanan pangan. Mengembangkan pertanian lahan kering dataran rendah untuk pangan saat ini dan yang akan datang merupakan pilihan strategis dalam menghadapi tantangan peningkatan produksi pangan untuk mendukung program ketahanan pangan nasional.

Pertanian lahan kering mempunyai banyak permasalahan, antara lain lahannya marginal dengan ketersediaan air yang terbatas, terbatasnya varietas tanaman yang sesuai dan belum berkembangnya teknologi budidaya. Sekitar 86,24% lahan pertanian berupa lahan kering (BPS, 2016) dan sebagian besar

bergantung pada hujan untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Melihat potensi lahan kering di atas maka banyak peluang untuk mengkaji lebih dalam tentang pengelolaan air pada tanaman kacang kedelai di lahan kering (tadah hujan), mengingat kendala utama yang dihadapi dalam pengelolaan lahan kering adalah terbatasnya air karena curah hujan yang sangat rendah, sehingga solusi yang ditawarkan untuk pengembangan tanaman kedelai di lahan kering atau lahan tadah hujan adalah mencari metode atau cara terbaik dalam pengelolaan air pada tanaman kedelai.

Pemanfaatan lahan kering untuk pertanian sering diabaikan oleh para pengambil kebijakan, yang lebih tertarik pada peningkatan produksi beras pada lahan sawah. Hal ini mungkin karena ada anggapan bahwa meningkatkan produksi padi sawah lebih mudah dan lebih menjanjikan dibanding padi gogo yang memiliki risiko kegagalan lebih tinggi. Padahal lahan kering tersedia cukup luas dan berpotensi untuk menghasilkan padi gogo > 5 t/ha Lahan kering yang potensial dapat menghasilkan bahan pangan yang cukup dan bervariasi, tidak hanya padi gogo tetapi

juga bahan pangan lainnya, bila dikelola dengan menggunakan teknologi yang efektif dan strategi pengembangan yang tepat. Bahan pangan bukan hanya beras, tetapi juga jagung, sorgum, kedelai, kacang hijau, ubi kayu, ubi jalar, dan sebagainya, yang kesemuanya dapat dibudidayakan di lahan kering (Bariot Hafif, 2016).

Pengembangan pertanian di lahan kering untuk tanaman pangan perlu didorong dengan berbagai inovasi teknologi, mengingat potensinya yang besar sehingga cukup potensial untuk mendukung usaha pemantapan ketahanan pangan. Mengembangkan pertanian lahan kering dataran rendah untuk pangan saat ini dan yang akan datang merupakan pilihan strategis dalam menghadapi tantangan peningkatan produksi pangan untuk mendukung program ketahanan pangan nasional.

Lahan kering merupakan salah satu agroekosistem yang mempunyai potensi besar untuk usaha pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura (sayuran dan buah-buahan) maupun tanaman tahunan dan peternakan. Berdasarkan Atlas Arahana Tata Ruang Pertanian Indonesia skala 1:1.000.000 (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat 2001), Indonesia memiliki

daratan sekitar 188,20 juta ha, terdiri atas 148 juta ha lahan kering (78%) dan 40,20 juta ha lahan basah (22%). Tidak semua lahan kering sesuai untuk pertanian, terutama karena adanya faktor pembatas tanah seperti lereng yang sangat curam atau solum tanah dangkal dan berbatu, atau termasuk kawasan hutan. Dari total luas 148 juta ha, lahan kering yang sesuai untuk budi daya pertanian hanya sekitar 76,22 juta ha (52%), sebagian besar terdapat di dataran rendah (70,71 juta ha atau 93%) dan sisanya di dataran tinggi. Di wilayah dataran rendah, lahan datar- bergelombang (lereng < 15%) yang sesuai untuk pertanian tanaman pangan mencakup 23,26 juta ha. Lahan dengan lereng 15-30% lebih sesuai untuk tanaman tahunan (47,45 juta ha). Di dataran tinggi, lahan yang sesuai untuk tanaman pangan hanya sekitar 2,07 juta ha, dan untuk tanaman tahunan 3,44 juta ha. (Hikmatullah dan Hidayat, 2007).

Cekaman Kekeringan

Cekaman kekeringan terjadi karena kehilangan air melalui transpirasi lebih besar dibanding penyerapan oleh akar, yang disebabkan oleh ketersediaan air dalam tanah tidak cukup atau tidak dapat diserap dengan baik oleh tanaman. Kekeringan secara

umum mengakibatkan dehidrasi, penurunan tekanan turgor sel, merangsang penutupan stomata, dan menghambat difusi uap air dan CO₂, sehingga aktivitas fotosintesis tanaman terhambat (Levitt 198,; Mubiyanto 1997). Pada kondisi cekaman kekeringan yang akut, stomata menutup karena akumulasi asam absisat (ABA). Pada tanaman yang mengalami kekeringan, akar membentuk ABA lebih banyak dan diangkut melalui xylem menuju daun untuk menutup stomata, dengan cara menghambat pompa proton yang kerjanya bergantung pada ATP dan membran plasma sel penjaga (Salisbury and Ross 1992). Faktor stomata dan non-stomata berperan sebagai pembatas pertukaran gas dan asimilasi tanaman. Faktor nonstomata menurunkan asimilasi apabila tanaman mengalami kekeringan lebih dari -1,5 MPa. Pada nilai di bawah -1,5 MPa, faktor stomata dominan berpengaruh terhadap pertukaran gas dan asimilasi tanaman (Faver et al. 1996).

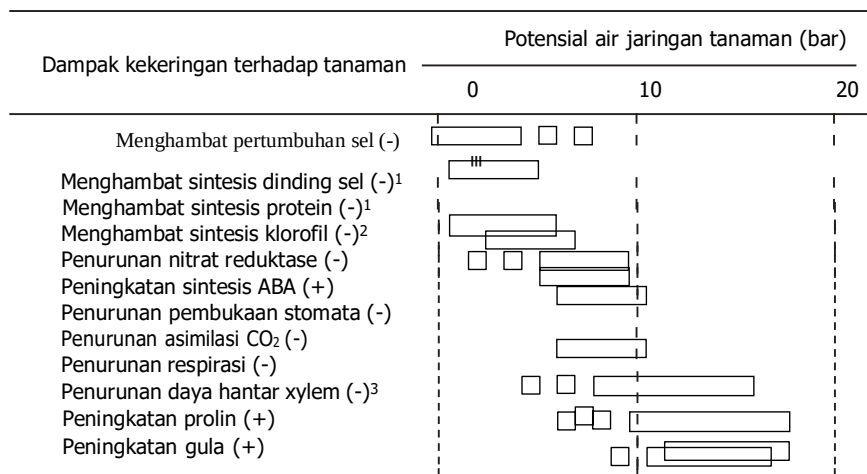
Ketahanan tanaman terhadap kekeringan berkaitan dengan total potensial air tanaman, tekanan turgor sel, dan tekanan osmotik. Turgor sel berperan dalam pengembangan dan pembelahan sel, sedangkan tekanan osmotik berperan pada

metabolisme sel dan aktivitas enzim. Bila terjadi kekurangan air, peranan pembuluh floem dan xylem melemah dan translokasi asimilat berkurang, sehingga laju pertumbuhan dan hasil tanaman berkurang (Bleasdale 1975). Pertumbuhan dan perkembangan tanaman, bergantung pada kontinuitas pembelahan sel, progresivitas inisiasi organ primordia, dan perkembangan sel. Kekeringan lebih berpengaruh terhadap perpanjangan sel dibanding pembelahan sel, yang menyebabkan tanaman tumbuh kerdil (Slatyer 1959).

Pengaruh cekaman kekurangan air terhadap aktivitas fisiologis tanaman beragam, bergantung pada besarnya tingkat cekaman. Pada kondisi cekaman air ringan, biosintesis protein dan klorofil terganggu. Pada kondisi cekaman air sedang, tingkat reduktase nitrat, metabolisme hormon, pertumbuhan dan asimilasi karbon dioksida mulai dipengaruhi, dan pada kondisi cekaman sedang hingga berat terjadi pemecahan metabolisme sel serius yang ditunjukkan oleh bertambahnya respirasi, akumulasi prolin, dan gula (Tabel 2). Prolin berperan menjaga osmotik jaringan tanaman, sumber nitrogen, enzim, dan struktur seluler (Le-Rudlier et al. 1984, Mc Cue and Hanson 1990, Serrano and Gaxiola 1994).

Cekaman kekeringan yang terjadi pada stadia vegetatif mengakibatkan tanaman tumbuh pendek, luas daun berkurang, volume akar berkurang, dan pertumbuhan tanaman menurun (Nielsen and Nelson 1998, Hudak and Patterson 1995). Cekaman kekeringan yang terjadi pada stadia reproduktif menyebabkan penurunan hasil lebih besar daripada stadia

Tabel 2. Kepekaan tanaman terhadap cekaman kekeringan.



¹) Jaringan yang tumbuh cepat;

²) Daun-daun mengalami etiolasi;

³) Tergantung pada dimensi xylem.

Batang horizontal menunjukkan satu proses mulai dipengaruhi, batang putus-putus menunjukkan pengaruh yang belum terbentuk benar.

Sumber: Fitter and Hay (1994)

Hasil penelitian (Carter and Rufty 1993). Cekaman kekeringan pada stadia pengisian polong (R4-R6) mengakibatkan penurunan hasil lebih besar dibanding kekeringan pada stadia lain. Stadia pembentukan polong dan pengisian polong merupakan stadia yang

peka terhadap kekurangan air. Penurunan hasil akibat kekeringan dapat mencapai 35-69%, bergantung pada periode pertumbuhan tanaman dan lama terjadinya kekeringan (Kari dan Nuralini 1993, Boote et al. 1982).

Kekeringan menyebabkan penurunan kandungan N dan klorofil daun, sehingga menurunkan laju asimilasi, pertumbuhan, hasil panen (Egli and Grafts-Brander 1996), dan meningkatkan nisbah akar/tajuk (Ketring 2006). Kekeringan mengakibatkan produksi bahan kering komponen vegetatif tanaman berkurang, terutama pembentukan daun dan perpanjangan batang melalui pengurangan turgiditas, penundaan umur berbunga, penurunan jumlah polong dan ukuran biji (Kari dan Nuralini 1993, Boote et al. 1982).

BAB IV

DAYA ADAPTASI TANAMAN KEDELAI PADA LAHAN SAWAH

Karakteristik Lahan Sawah

Pertumbuhan kedelai di lahan sawah tidak selalu didukung oleh kondisi kelembaban tanah yang optimal untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi. Pada lahan sawah, kondisi tanah jenuh air sering dijumpai pada daerah lembah (lebih rendah), sehingga kelebihan air pengairan atau “*run off*” tidak dapat dibuang ke daerah yang lebih rendah. Sebaliknya pada saat tanaman mencapai fase generatif atau pada kedelai yang ditanam bulan Juni/Juli kondisi kekurangan air sering dijumpai. Pada saat curah hujan tinggi, rendahnya produktivitas kedelai berkaitan dengan erosi dan pencucian unsur hara. Pada dasarnya tingkat produktivitas kedelai berkorelasi dengan kondisi aerasi tanah,

kemampuan tanah menyimpan air dan unsur hara serta pergerakan air dan unsur hara di daerah perakaran. Pupuk organik dan anorganik harus dikelola dengan baik untuk meminimalkan kehilangan unsur hara dan memaksimalkan efisiensi penggunaan air, sehingga dapat melindungi sumber daya tanah dan air menuju sistem pertanian berkelanjutan. Di lahan sawah, kedelai umumnya ditanam setelah padi dengan pola padi – padi – kedelai atau padi – kedelai – kedelai bergantung pada ketersediaan air. Pada awal pertumbuhan, kedelai sering mengalami cekaman air akibat genangan, terutama di tanah-tanah berat, dan pada akhir periode pertumbuhan sering mengalami cekaman kekeringan akibat curah hujan atau pengairan yang tidak mencukupi kebutuhan. Di samping itu, pelumpuran tanah yang terus-menerus menyebabkan permeabilitas tanah rendah dan memperburuk drainase sehingga kurang menguntungkan bagi pertumbuhan akar kedelai (Harsono, dkk. 2017).

Ada beberapa istilah/definisi tentang tanah jenuh air, yaitu :

1. Kondisi tanah pada tegangan air tanah pada 0 Bar (atm) dan $pF = 0$ (Hardjowigeno, 1992)

2. Suatu lingkungan tanah yang dicirikan oleh kandungan air yang melewati kapasitas lapang (Rodiah dan Soemarno, 1993)
3. Tindakan penanaman dengan memberikan air irigasi secara terus-menerus dan membuat tinggi permukaan air tetap (Hunter *et.al.*, 1980)
4. Kondisi tanah jenuh air merupakan suatu kondisi tanah dimana pori-pori mikro terisi air sedangkan pori makro terisi udara (Turner *et.al.*, 1984)
5. Penanaman kedelai pada kondisi lengas tanah 10-15 % di atas kapasitas lapang selama beberapa fase pertumbuhan (Adisarwanto, 2001)

Indikator kelembaban tanah adalah kadar air tanah yang dinyatakan dalam persen berat atau persen volume, mm air setiap m kedalaman tanah dan tegangan air tanah (atm atau bar). Dalam praktek dikenal tiga tingkat kadar air tanah yaitu jenuh air, kapasitas lapang dan titik layu. Selanjutnya dikatakan bahwa kondisi kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air maksimum yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi. Titik layu permanen adalah keadaan

kandungan air tanah dimana akar-akar tanaman mulai tidak mampu lagi menyerap air dari tanah, tanaman akan layu (Handayanto, 1998)

Air tersedia (*Available Water*) yaitu kadar air tanah pada batas antara kapasitas lapang dan titik layu dan disebut air tersedia bagi tanaman, tetapi karena kemampuan tanah memegang air tergantung pada tekstur tanah, maka kadar air tanah pada kapasitas lapang dan titik layu berbeda menurut tekstur tanah (Fagi dan Tangkuman, 1985).

Permasalahan Lahan sawah

Pengaruh negatif kondisi tanah jenuh air tersebut dapat dikurangi, salah satu upaya adalah dengan membuat saluran draenase dan tinggi permukaan air di dalam saluran draenase agar selalu tetap pada tingkatan tertentu. Hal ini terkait dengan kapasitas tanaman kedelai untuk memperbaiki pertumbuhannya melalui proses aklimatisasi.

Salah satu upaya budidaya kedelai dalam kondisi jenuh air adalah dengan memanfaatkan varietas yang toleran terhadap kondisi kelengasan tanah yang melebihi kapasitas lapang. Pengelolaan air

berupa penerapan drainase dimaksudkan memperbaiki kondisi fisik tanah utamanya aerasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, pada kondisi tanah jenuh air penerapan saluran drainase tidak mungkin dilakukan , pemanfaatan genotipa toleran jenuh air merupakan pemecahan yang mudah dilakukan. Semua alternatif komponen teknologi tersebut tidak terlepas dari sifat fisik dan kimia setiap jenis tanah, sehingga penelitian kondisi jenuh air dengan varietas yang berbeda pada kondisi tanah yang berbeda merupakan teknologi pertanian yang lokal spesifik.

Kondisi jenuh air untuk kedelai diartikan sebagai lingkungan tumbuh yang dicirikan oleh kandungan air tanah yang melewati kapasitas lapang. Keadaan jenuh air secara ekstrim berarti tanaman tergenang air secara terus-menerus. Kelembaban tanah yang berlebihan merupakan kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di lahan sawah, untuk mengurangi pengaruh negatif kondisi jenuh air maka dapat dilakukan upaya diantaranya dengan membuat saluran drainase dan tinggi permukaan air di dalam saluran drainase tetap pada level tertentu, pada kondisi ini diasumsikan merupakan kondisi ideal untuk tanaman mengadakan perbaikan pertumbuhannya melalui proses aklimatisasi. Sehingga dari

penelitian ini nantinya akan dibuktikan, apakah benar perbedaan kelengasan tanah di atas KL memberikan respon pertumbuhan dan hasil varietas kedelai yang berbeda, juga apakah benar terdapat varietas tertentu yang memberikan respon pertumbuhan dan hasil yang lebih baik dibanding varietas yang lain, serta berapa kelengasan tanah di atas KL yang bisa ditolerir tanaman kedelai agar tetap berproduksi.

Doorenbos dan Pruitt (1977) mengemukakan bahwa kebutuhan air tanaman kedelai selama pertumbuhannya adalah sebanyak 318.93 mm, pada fase vegetatif hingga umur 35 hari setelah tanam dibutuhkan 125.97 mm dan fase pertumbuhan generatif hingga berumur 85 hari dibutuhkan 202.96 mm. Keadaan jenuh air secara ekstrim pada lahan bekas sawah berarti tanaman kedelai tergenang air secara terus-menerus. Oleh karena perakaran kedelai memerlukan lingkungan yang aerobik untuk pertumbuhannya, lingkungan jenuh air yang ekstrim akan mengakibatkan akar membusuk akibat kekurangan oksigen. Penyerapan hara terhambat sehingga tanaman tumbuh kerdil (Sumarno dkk., 1988; Adisarwanto, 2001).

Lebih lanjut dikatakan, penggenangan dapat mempercepat pemasakan dan luruhnya daun kedelai serta menurunkan hasil (Suardi dan Haryono, 1989).

Penurunan produktivitas kedelai akibat penggenangan beragam antara 20 – 75% (Sumarno, 1986). Selanjutnya dilaporkan bahwa penggenangan tanaman kedelai pada fase pertumbuhan vegetatif hingga pengisian polong, menurunkan hasil biji sebesar 47% dan bila tanaman tergenang antara fase berbunga hingga pengisian polong maka penurunan hasil akan lebih tinggi yaitu mencapai 51% (Tampubolon et al 1998).

Proses aklimatisasi tanaman kedelai pada kondisi tanah jenuh air diteliti pertama kali oleh Hunter et al (1980), ada 24 galur persilangan telah dievaluasi dalam 36 hari di rumah kaca. Setelah 22 hari ternyata untuk perlakuan tinggi air (*water table*) sekitar 15 cm dari permukaan tanah menunjukkan penambahan berat kering > 37 % dibanding tanaman kontrol (pengairan semprot). Sedangkan untuk pertanaman kedelai yang tumbuh pada kondisi jenuh air dan hanya 3 cm level airnya dari permukaan tanah pertanaman ternyata terjadi chlorotik sebagai ciri khas kahat unsur nitrogen.

Troedson et al., (1986) menerangkan fenomena tersebut dengan menyatakan bahwa karena adanya cekaman jenuh air, kemampuan memfiksasi N menjadi turun, sebab banyak akar tanaman kedelai yang busuk dan mati, sehingga permukaan daya absorpsi hara juga berkurang, dan akhirnya daun tanaman kedelai menjadi hijau terang (klorotik). Gejala tersebut sering terjadi umumnya setelah memasuki minggu ke-2 kedelai tumbuh pada kondisi jenuh air. Dijelaskan lebih jauh oleh Lawn and Byth (1989) yang menyebutkan bahwa gejala klorotik tersebut timbul karena menurunnya kandungan kadar hara N di daun dari 4,5-5,0 % menjadi 2,5-3,5 % dan diikuti oleh lambatnya perkembangan batang serta ukuran daun. Pertumbuhan batang yang lambat tersebut secara tidak langsung karena terjadi penurunan daya penyerapan unsur hara N tanah, hal ini karena adanya penurunan kemampuan akar untuk mengalokasi unsur N. Pada umumnya setelah 10-14 hari kejenuhan tanah berlangsung, tingkat fiksasi N mulai meningkat dengan cepat. Pada saat tanaman sudah sepenuhnya dapat beraklimatisasi, maka daun kedelai akan berwarna normal kembali. Ada beberapa faktor yang bertanggung jawab terhadap kemampuan tumbuh tanaman pada kondisi jenuh

air. Kedalaman permukaan air dalam saluran merupakan salah satu faktor yang akan membatasi volume air yang dapat dipatuskan, karena perbedaan antara permukaan air dengan permukaan tanah merupakan kondisi tanah yang tersedia untuk perkembangan akar dan tanaman. Sesuai dengan penelitian Hunter et.al., (1980) , tinggi permukaan air sekitar 3 cm dari permukaan tanah ternyata lebih besar menekan pertumbuhan tanaman kedelai dibanding sekitar 15 cm. Hasil penelitian Riwanodja, Suhartina dan Adisarwanto (2000) juga memperkuat hasil penelitian tersebut yang menyatakan bahwa permukaan air pada kedalaman saluran drainase berjarak 15 cm dari permukaan tanah pada bedengan lebih baik dibanding dengan 10 atau 20 cm di jenis tanah Entisol bera

Konsekuensi dari penggenangan adalah terganggunya proses pertukaran gas yang normal antara udara dan tanah. Air yang menutupi tanah atau yang mengisi pori tanah mencegah masuknya oksigen dan menurunkan difusi oksigen. Jika suatu tanah digenangi, taraf oksigen mulai menurun dan merosot ke taras nol dalam satu hari. Pembasahan atau penggenangan suatu tanah kering biasanya merangsang kegiatan mikroflora tanah, yang dengan cepat mendekomposisi bahan-bahan yang dapat teroksidasi

yang tersedia, sehingga menciptakan permintaan akan oksigen yang besar dan melepaskan CO₂ dari pernapasan dalam jumlah besar (Sumarno, 1986).

Perubahan kimia tanah sawah berkaitan erat dengan proses oksidasi reduksi (redoks) dan aktifitas mikroba tanah sangat menentukan tingkat ketersediaan hara dan produktifitas tanah sawah. Perubahan kimia yang disebabkan oleh penggenangan tanah sawah sangat mempengaruhi dinamika dan ketersediaan hara padi. Keadaan reduksi akibat penggenangan akan merubah aktifitas mikroba tanah dimana mikroba aerob akan digantikan oleh mikroba anaerob, yang menggunakan sumber energi dari senyawa teroksidasi yang mudah di reduksi yang berperan sebagai elektron seperti ion NO₃⁻, SO₄²⁻, Fe³⁺, Mn⁴⁺.

Kimia tanah sawah sangat penting hubungannya dengan teknologi pemupukan yang efisien. Aplikasi pupuk baik jenis, takaran, waktu maupun cara pemupukan harus mempertimbangkan sifat kimia tersebut. Sebagai contoh adalah pemupukan nitrogen dimana jenis, waktu dan cara pemberian harus memperhatikan perubahan perilaku hara nitrogen pada lahan sawah agar pemupukan lebih efisien. Sumber pupuk N disarankan

dalam bentuk ammonium dimasukkan ke dalam lapisan reduksi dan diberikan dua sampai tiga kali (Sumarno, 1986).

Sifat fisik tanah sangat menentukan kesesuaian suatu lahan dijadikan lahan sawah. Identifikasi dan karakterisasi sifat fisik tanah mineral memberikan informasi untuk penilaian kesesuaian lahan terutama dalam hubungannya dengan efisiensi penggunaan air. Jika lahan akan disawahkan sifat tanah yang penting untuk diperhatikan adalah tekstur, struktur, permeabilitas, drainase dan tinggi muka air tanah. Sifat-sifat tersebut sangat berhubungan erat dengan pelumpuran dan efisiensi penggunaan air. Karakteristik tanah sawah dapat diamati seperti tebal horizon, tekstur, kadar bahan organik, reaksi tanah, kandungan hara tanaman dan kemampuan mengikat air. Tanah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda pada masing-masing horizon dalam profil tanah. Kualitas tanah merupakan hasil interaksi antara karakteristik tanah, penggunaan tanah dan keadaan lingkungan. Petani tidak dapat mengubah karakteristik tanah akan tetapi menyesuaikan prakteknya dengan kemampuan tanah.

Budidaya tanaman kedelai akhir-akhir ini semakin berkembang pesat sesuai dengan perkembangan teknologi dalam

bidang pertanian, tetapi selama dasawarsa terakhir telah dirasakan adanya kondisi iklim yang tidak menentu, khususnya saat, jumlah dan distribusi curah hujan yang turun pada awal musim kemarau cukup berlebihan di lahan sawah sehingga di beberapa daerah terjadi kondisi tanah jenuh air. Tanaman kedelai yang mengalami cekaman jenuh air ini banyak terjadi di daerah Jateng, Jatim, Bali dan NTB dan diperkirakan mencapai areal seluas 500.000 ha, kesempatan untuk meningkatkan hasil kedelai dengan sistem jenuh air menjadi terbuka lebar, disarankan untuk bertanam kedelai jenuh air pada musim kemarau dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sehingga hasil optimal dapat dicapai (Sumarno, 1986).

Pertumbuhan kedelai di lahan sawah dan lahan kering tidak selalu didukung oleh kondisi kelembaban tanah yang optimal untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi. Pada lahan sawah, kondisi tanah jenuh air sering dijumpai pada daerah lembah (lebih rendah), sehingga kelebihan air pengairan atau "*run off*" tidak dapat dibuang ke daerah yang lebih rendah. Sebaliknya pada saat tanaman mencapai fase generatif atau pada kedelai yang ditanam bulan Juni/Juli kondisi kekurangan air sering dijumpai. Pada saat

curah hujan tinggi, rendahnya produktivitas kedelai berkaitan dengan erosi dan pencucian unsur hara. Pada dasarnya tingkat produktivitas kedelai berkorelasi dengan kondisi aerasi tanah, kemampuan tanah menyimpan air dan unsur hara serta pergerakan air dan unsur hara di daerah perakaran. Pupuk organik dan anorganik harus dikelola dengan baik untuk meminimalkan kehilangan unsur hara dan memaksimalkan efisiensi penggunaan air, sehingga dapat melindungi sumber daya tanah dan air menuju sistem pertanian berkelanjutan.

Cekaman Genangan

Kandungan air tanah yang berlebihan menyebabkan genangan dan berpengaruh kurang baik bagi pertumbuhan tanaman karena menurunkan ketersediaan oksigen bagi akar, organisme tanah, dan pembentukan bintil akar (Bennet and Albrecht 1984). Di tanah beraerasi baik, kandungan oksigen dalam tanah mendekati keadaan di atmosfer. Pada kapasitas lapang, tanah mempunyai volume pori berisi udara 10-30%, dan jika tergenang pasokan tersebut akan berkurang (Hale and Orcutt 1987). Pertumbuhan akar sebagian besar tanaman akan mengalami

penurunan bila ruang pori tanah kurang dari 10%, dan laju difusi oksigen kurang dari 0,2 $\mu\text{g cm/menit}$ (Krizek 1982). Kekurangan oksigen akibat genangan dapat terjadi sekitar tiga hari setelah genangan pada tanah pasiran dan sehari pada tanah lempungan (Cannell and Jackson 1981). Penurunan kandungan oksigen makin cepat bila tanah ditumbuhi tanaman karena akar menyerap oksigen untuk respirasi.

Selain berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman, genangan juga mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah. Saat terjadi genangan, struktur tanah rusak akibat daya rekat agregat lemah oleh adanya air, sehingga menghalangi difusi udara. Genangan menyebabkan beberapa perubahan elektro-kimia, antara lain penurunan potensial redoks, peningkatan pH tanah masam, penurunan pH tanah alkalin, perubahan keseimbangan hara, reaksi pertukaran kation dan anion, serta penyerapan dan pelepasan ion. Genangan meningkatkan ketersediaan P, K, Ca, Si, Fe, S, Mo, Ni, Zn, Pb, Co, Mn, dan Al (De data 1981, Adiningsih dan Sudjadi 1983), tetapi menurunkan serapan N, P, K, dan beberapa hara mikro (Singh and Chidyal 1980).

Pada tanaman kacang-kacangan, genangan tidak saja menghambat pertumbuhan akar dan tajuk, tetapi juga mengganggu perkembangan dan fungsi bintil akar karena penurunan ketersediaan oksigen. Aktivitas nitrogenase pada kedelai menurun segera setelah terjadi genangan. Oleh karena itu, tanaman yang tergenang menunjukkan klorosis seperti gejala kekahatan nitrogen yang diduga akibat berkurangnya N tanah karena denitrifikasi atau pelindian. Genangan yang terjadi pada fase pembungaan hingga pengisian polong menyebabkan penurunan hasil mencapai 50% dibanding genangan pada fase pertumbuhan lain. Untuk meng- atasi terjadinyapenurunan hasil kedelai akibat genangan pada lahan yang sering tergenang sebaiknya dibuat bedengan untuk tiap 2 m lahan (Adisarwanto et al. 2000).

Optimalisasi Pemanfaatan Air pada Lahan Sawah

Berdasarkan ketersediaan air, lahan sawah dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu sawah tadah hujan, sawah beririgasi semiteknis, dan sawah beririgasi teknis. Pemilihan pola tanam yang tepat untuk kedelai perlu disesuaikan dengan

ketersediaan air agar dapat memberikan hasil memadai. Pola tanam kedelai di lahan sawah dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pola tanam di sawah tadah hujan
 - a. Padi – kedelai – bera
 - b. Padi – kedelai – palawija lainnya
 - c. Kedelai – padi – palawija lainnya
 - d. Padi gogorancah – padi sawah (walik jerami) – kedelai
2. Pola tanam sawah beririgasi semiteknis
 - a. Padi – kedelai – palawija lainnya
 - b. Padi – kedelai – kedelai

Penanaman kedelai pada sawah beririgasi semiteknis dilakukan setelah panen padi dengan penanaman kedelai dua kali atau satu kali setahun.

3. Pola tanam sawah beririgasi teknis
 - a. Padi – padi – kedelai, sesuai untuk sawah yang airnya tersedia untuk 10,5-11 bulan.
 - b. Padi – kedelai – kedelai, sesuai untuk sawah dengan ketersediaan airnya terpenuhi untuk 9-9,5 bulan (Manwan et al.1990, Adisarwanto dan Wudianto 1999).

Penentuan jenis pola tanam tersebut perlu disesuaikan dengan distribusi curah hujan. Apabila curah hujan tinggi terjadi pada awal musim hujan maka pola tanam (a) atau (b) merupakan pilihan yang tepat.

Adisarwanto (2001), genangan air sebenarnya merupakan fenomena yang sering terjadi di lahan sawah, kelembaban tanah yang berlebihan merupakan kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di lahan sawah. Tanpa saluran drainase yang baik, kelembaban tanah menjadi tinggi dan menyebabkan pertumbuhan tanaman kedelai menjadi tidak optimal, lingkungan tanah jenuh air yang ekstrem akan mengakibatkan akar tanaman menjadi busuk karena kekurangan oksigen, sehingga penyerapan unsur hara terhambat dan akhirnya tanaman tumbuh kerdil. Ada 2 (dua) istilah yang dikenal sehubungan dengan masalah kelebihan air, yaitu tanah tergenang (*water logging*) dan tanah jenuh air (*saturated soil*). Kondisi air yang menggenang tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu : (1). bertambah lamanya periode musim hujan, (2) kuantitas curah hujan yang cukup deras setelah tanam kedelai, (3) sistem draenase yang belum optimal.

Jenuh air dalam beberapa waktu selama pertumbuhan kedelai dapat menurunkan hasil sampai 15 – 20%, untuk menekan kondisi jenuh air berlarut-larut maka perlu dilakukan suatu usaha penelitian untuk mengetahui tingkat toleransi dan adaptasi kedelai. Budidaya Jenuh Air (BJA) sebagai alternatif telah dapat memperbaiki pertumbuhan dan peningkatan produksi dibandingkan irigasi biasa pada beberapa varietas kedelai (Hunter *et.al.*, 1980; Nathanson *et.al.*, 1984; Troedson *et.al.*, 1984; Sumarno, 1986). Dari hasil penelitian pengembangan bertanam kedelai di tanah jenuh air dilaporkan bahwa dengan budidaya jenuh air diperoleh peningkatan hasil biji kedelai mencapai 2,4 ton/ha (Sumarno, 1986). Di Australia hasil dari tiap petak percobaan mencapai hingga 5,0 – 8,0 ton/ha atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 10 – 25% (Lawn *et.al.*, 1984; Troedson *et.al.*, 1983).

Sementara itu di Thailand Tengah dengan sistem tumpang sari kedelai jenuh air bersama padi, diperoleh produksi kedelai yang meningkat dari 2,0 ton/ha menjadi 4,0 ton/ha (Pookpadi, 1994).

Drainase

Pengaruh negatif kondisi tanah jenuh air tersebut dapat dikurangi, salah satu upaya adalah dengan membuat saluran draenase dan tinggi permukaan air di dalam saluran draenase agar selalu tetap pada tingkatan tertentu. Hal ini terkait dengan kapasitas tanaman kedelai untuk memperbaiki pertumbuhannya melalui proses aklimatisasi.

Di lahan sawah, kedelai ditanam pada musim kemarau (MK I) dan MK II setelah padi mengikuti pola tanam padi – padi – kedelai atau padi – kedelai – kedelai atau palawija lain. Pada MK I (Maret – Juni) curah hujan umumnya masih cukup tinggi, sehingga diperlukan saluran drainase untuk mengurangi genangan yang sering menjadi penyebab rendahnya hasil kedelai (Pasaribu and McIntosh 1985). Kandungan air tanah pada kapasitas lapang merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman kedelai, sehingga saluran drainase mempunyai fungsi penting sebagai pengaturan air agar tidak terjadi genangan.

Saluran drainase setiap 3 m sedalam 25-30 cm sudah dapat menekan kehilangan hasil kedelai hingga 100% dibanding tanpa saluran drainase (Manwan et al. 1990).

Keberadaan saluran drainase pada budi daya kedelai di lahan sawah merupakan hal yang sangat penting yang berkaitan dengan upaya meningkatkan hasil kedelai. Di tanah bertekstur ringan, seperti Entisol Malang dan Banyuwangi, pembuatan saluran drainase setiap 1,6 m mampu memberikan hasil lebih tinggi dibanding tanpa bedengan (Adisarwanto, dkk. 2000).

Pada tanah Entisol Yogyakarta saluran drainase setiap 1-4 m dengan lebar 25 cm dan kedalaman 35 cm memberikan pengaruh yang tidak berbeda, sehingga disarankan dibuat setiap 4 m agar lebih ekonomis (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil biji kedelai pada berbagai lebar bedengan di tanah Entisol. Sleman, Yogyakarta.

Lebar bedengan (m)	Hasil biji (t/ha)
Tanpa bedengan	1,17 b
1,0	2,01 a
2,0	2,06 a
3,0	2,25 a
4,0	2,15 a

Angka selajur yang didampingi oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNT.
Sumber: Indradewa (2002)

Salah satu upaya budidaya kedelai dalam kondisi jenuh air adalah dengan memanfaatkan varietas yang toleran terhadap kondisi kelengasan tanah yang melebihi kapasitas lapang. Pengelolaan air berupa penerapan drainase dimaksudkan memperbaiki kondisi fisik tanah utamanya aerasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, pada kondisi tanah jenuh air penerapan saluran drainase tidak mungkin dilakukan , pemanfaatan genotipa toleran jenuh air merupakan pemecahan yang mudah dilakukan. Semua alternatif komponen teknologi tersebut tidak terlepas dari sifat fisik dan kimia setiap jenis tanah, sehingga penelitian kondisi jenuh air dengan varietas yang berbeda pada kondisi tanah yang berbeda merupakan teknologi pertanian yang lokal spesifik. (Adisarwanto, dkk 2000)

Kondisi jenuh air untuk kedelai diartikan sebagai lingkungan tumbuh yang dicirikan oleh kandungan air tanah yang melewati kapasitas lapang. Keadaan jenuh air secara ekstrim berarti tanaman tergenang air secara terus-menerus. Kelembaban tanah yang berlebihan merupakan kendala dalam upaya meningkatkan produksi kedelai di lahan sawah, untuk mengurangi pengaruh

negatif kondisi jenuh air maka dapat dilakukan upaya diantaranya dengan membuat saluran drainase dan tinggi permukaan air di dalam saluran drainase tetap pada level tertentu, pada kondisi ini diasumsikan merupakan kondisi ideal untuk tanaman mengadakan perbaikan pertumbuhannya melalui proses aklimatisasi. Sehingga dari penelitian ini nantinya akan dibuktikan, apakah benar perbedaan kelengasan tanah di atas kapasitas lapang memberikan respon pertumbuhan dan hasil varietas kedelai yang berbeda, juga apakah benar terdapat varietas tertentu yang memberikan respon pertumbuhan dan hasil yang lebih baik dibanding varietas yang lain, serta berapa kelengasan tanah di atas Kapasitas Lapang yang bisa ditolerir tanaman kedelai agar tetap berproduksi.

Pengairan

Kedelai yang ditanam setelah padi sawah pada musim kemarau (MK II) umumnya memerlukan pengairan, karena curah hujan sering tidak mencukupi. Air pengairan yang tersedia harus dikelola dan diberikan pada kondisi kritis tanaman, sehingga penggunaannya efisien dan tanaman mampu memberikan hasil optimal. Saluran drainase yang dibuat pada MK I dapat difungsikan

sebagai saluran irigasi yang mempercepat dan memperlancar pembagian air pengairan pada kedelai yang ditanam pada MK II. Pada MK II kedelai perlu pengairan minimal 3-4 kali, yaitu pada umur 10, 35, dan 55 hari atau umur 10, 35, 45, dan 55 hari (Adisarwanto dan Wudianto 1999).

Di lahan sawah dengan ketersediaan air berlebihan dapat dikembangkan teknik budi daya jenuh air (budidaya basah) atau genangan terkendali di dalam parit. Budi daya jenuh air adalah cara penanaman di atas bedengan dengan memberikan pengairan secara terus-menerus di dalam parit sehingga lapisan di bawah perakaran menjadi jenuh air namun tidak menggenang. Kedelai ditanam di atas bedengan yang dikelilingi oleh parit dengan kedalaman 20-30 cm, yang digenangi air secara terus-menerus dengan permukaan air 15-25 cm di bawah permukaan tanah bedengan. Dengan budi daya jenuh air terkendali di dalam parit mampu meningkatkan hasil kedelai rata-rata dari empat musim tanam sekitar 11% (Sumarno 1986), bahkan Indradewa (2002) melaporkan peningkatan hasil mencapai 70- 150% dibanding pengairan cara genangan secara periodik di hamparan lahan (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil kedelai pada beberapa kedalaman air dalam parit sebagai genangan.

Kedalaman air dalam parit (cm)	Hasil biji (t/ha)
Kontrol	1,59 b
0	0,34 c
7,5	1,95 ab
15,0	2,69 a
22,5	2,48 ab
30,0	2,12 ab

Angka selajur yang didampingi oleh huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNT Indradewa (2002)

Pengairan dengan sistem genangan dalam parit merupakan teknologi pengairan yang memberikan harapan bagi peningkatan produksi kedelai di lahan sawah yang tersedia cukup air. Bila genangan dalam saluran diterapkan pada awal musim kemarau, saat masih banyak hujan, parit difungsikan sebagai saluran drainase. Saat hujan mulai berkurang, genangan dalam parit dapat mulai dialirkan untuk mengairi pertanaman. Dari petak percontohan genangan dalam parit diketahui tanaman tumbuh lebih tinggi, bobot kering tanaman lebih tinggi, jumlah polong lebih banyak dengan ukuran biji lebih besar dan hasil meningkat 150% dibanding pengairan cara petani (Tabel 5).

Tabel 5. Pertumbuhan tanaman, komponen hasil, dan efisiensi penggunaan air pada kedelai di petak percontohan genangan dalam parit.

Tolok Ukur	Pengairan cara petani*	Genangan dalam parit
Tinggi tanaman (cm)	33,10	47,60
Jumlah polong/tanaman	32,70	50,10
Berat kering tanaman (g)	7,75	17,60
Bobot 100 biji (g)	10,14	13,95
Hasil biji (t/ha)	1,12	2,81
Indeks panen	0,43	0,48
Efisiensi penggunaan air (mg/liter)	39,70	10,40

* Hampanan kedelai digenangi air secukupnya (cara petani). Sumber: Indradewa (2002)

Di lahan sawah beriklim C3 di daerah Bojonegoro dengan 5-6 bulan basah per tahun, penerapan pola tanam padi gogo rancak – kedelai – kacang hijau mampu memberikan hasil 8,10 t/ha padi, 1,69 t/ha kedelai, dan 0,73 t/ ha kacang hijau, sedangkan pola tanam padi gogo rancak – padi walik jerami – kedelai masing-masing memberikan hasil 8,0 t/ha padi, 4,85 t/ha padi, dan 1,35 t/ha kedelai (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil padi dan palawija pada beberapa polatanam di lahan sawah tadah hujan.

Pola	Komoditas	Hasil (t/ha)	Hasil total setara gabah (t/ha)	Indek hasil (%)
Petani	Jagung – padi sawah – kedelai	3,80-5,80-0,60	10,43	100
Alternatif 1	Padi gora – padi – kedelai	8,00-4,85-1,38	16,99	163
Alternatif 2	Padi gora – kedelai – kac. hijau	8,10-1,69-0,73	15,34	147

Sumber: Sulistyono (1994)

Budi daya kedelai dengan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu PTT pada lahan sawah menggunakan ketepatan teknologi

sesuai dengan kondisi agroekologi dan sosial-ekonomi petani setempat, sehingga kinerja teknologi akan lebih efisien, efektif, dan optimal. Berbagai komponen teknologi disediakan yang harus dipilih petani berdasarkan bimbingan penyuluh pertanian (Subandi *et al.* 2007).

Operasionalisasi Pengelolaan Tanaman Terpadu kedelai pada lahan sawah adalah identifikasi permasalahan, diikuti oleh pilihan teknologi adaptif yang mampu mengatasi masalah, disesuaikan dengan kemampuan sosial ekonomi setempat.

Syarat keberhasilan penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu kedelai terutama adalah ketepatan mengidentifikasi potensi masalah dan kemampuan penyuluh pertanian/ pembimbing lapang memilih teknologi yang tepat, dan kemampuan petani dalam menerapkan pilihan teknologi tersebut. Uji adaptasi teknologi dan demo area pilihan teknologi merupakan bagian integral dari proses adopsi Pengelolaan Tanaman Terpadu.

Keberhasilan Pengelolaan Tanaman Terpadu juga dibangun oleh ketersediaan teknologi yang dapat dipilih, sehingga kinerja keterpaduan sumber daya, sarana produksi, teknologi, tenaga kerja, dan kelembagaan petani menjadi optimal. Dengan demikian,

keluaran dari penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu adalah efisiensi penggunaan sarana dan teknologi, optimasi produktivitas, dan keuntungan usahatani kedelai.

Berbagai alternatif teknologi budi daya kedelai berasal dari teknologi asli tersebut, dikombinasikan dengan komponen teknologi lainnya, dapat dipilih sebagai pilihan teknologi Pengelolaan Tanaman Terpadu, sesuai dengan kondisi agroekologi dan sosial-ekonomi petani setempat (Sumarno, et al 1990)

Tanam kedelai tanah jenuh air

Tanam kedelai tanah jenuh air (*saturated soil culture*) diperkenalkan pertama kali di Australia oleh Lawn *et al.* (1984). Troedson *et al.* (1986) melaporkan bahwa penerapan teknik ini konsisten memberikan hasil tinggi, lebih dari 3 t/ha. Teknik ini sama seperti teknik bedengan, perbedaannya ke dalam saluran di antara bedengan digenangkan air secara terus-menerus sejak tanaman berumur 15 hari. Lebar bedengan disarankan 2-4 m, dan permukaan air pada saluran 3-5 cm di bawah permukaan tanah bedengan.

Dengan teknik ini, bedengan dijenuhi air, lapisan 3-5 cm permukaan tanah pada bedengan tidak jenuh air. Perakaran kedelai sebagian besar berkembang di bagian atas permukaan tanah bedengan. *Rhizobium* berkembang lebih optimal pada perakaran di bagian lapisan tanah yang tidak jenuh air, dan bintil-bintil *rhizobium* terbukti lebih efektif (Troedson *et al.* 1986).

Penelitian di Bogor (Sumarno 1986), dan Jawa Timur (Rodiah dan Sumarno 1993), menunjukkan cara tanam kedelai pada tanah jenuh air rata-rata empat musim di Bogor, memberikan hasil 1,4-2,2 t/ha, tetapi di Malang dan Banyuwangi hanya mampu menghasilkan 1,1 t/ha, dan tanam dengan pengairan normal memberikan hasil lebih tinggi, berkisar antara 1,4-1,6 t/ha.

Baik di Bogor maupun di Malang dan Banyuwangi, cara tanam tanah jenuh air ternyata tidak secara konsisten memberikan hasil yang tinggi. Namun pada lahan yang drainasenya buruk, masih memungkinkan untuk bertanam kedelai apabila permukaan tanah dapat dinaikkan dengan cara membuat bedengan sekitar 5 cm dari permukaan air. Tanam kedelai pada tanah jenuh air menggunakan bedengan, seperti halnya penanaman bawang merah, diperkirakan dapat memberi hasil optimal. Permasalahan

yang sering dihadapi petani kedelai di lahan sawah pada musim kemarau justru kekurangan air, sehingga teknik tanam tanah jenuh air nampaknya tidak dapat dioperasikan di Indonesia.

BAB V

TEKNOLOGI PENGELOLAAN AIR BAGI TANAMAN KEDELAI

Tanaman mengalami kekeringan yaitu apabila tanaman kekurangan air untuk melangsungkan proses evapotranspirasi yang menghambat pertumbuhannya. Dalam kondisi kekeringan selisih tekanan uap air di udara dan di daun menjadi besar dan transpirasi meningkat sampai batas laju transmisi air tanah ke akar tidak dapat menandingi laju transpirasi. Keadaan demikian stomata tertutup, besarnya tahanan terhadap difusi uap air dari daun ke udara menjadi besar dan transpirasi terhambat (Fagi dan Tangkuman, 1995).

Ris Irianto (2010) menyebutkan bahwa dilihat dari aspek lingkungan, usahatani yang mengusahakan lebih dari satu

komoditas (polikultur) lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan monokultur. Hal ini karena usahatani polikultur menyebabkan diversitas atau keragaman hayati pada lahan meningkat sehingga kondisi ekologi struktur lahan lebih mantap. Usahatani polikultur menurut Erwiyono, et. al., (2006) dapat mempertahankan fungsi hidrologis dan tata air di dataran tinggi mirip dengan hutan dan dapat mendukung fungsi hutan di atasnya yaitu sebagai pengendali banjir pada musim hujan dan menjadi tendon air pada musim kemarau. Embung atau tandon air adalah waduk berukuran mikro dilahan pertanian (small farm reservoir) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan diwaktu musim hujan dan menggunakannya jika diperlukan tanaman pada waktu musim kemarau. Teknik penggunaannya sesuai bagi ekosistem lahan tadah hujan yang memiliki intensitas dan distribusi curah hujan yang tidak pasti (Syamsiah dan Fagi, 2004).

Arsyad, S, (1999) menjelaskan komposisi tanaman yang berstrata akan menjadi penghalang fisik bagi curah hujan dengan permukaan tanah, berkaitan dengan air hujan akan jatuh dan menetes ke bawah secara perlahan. Selain itu, akar-akar tanaman akan

membantu membentuk pori-pori tanah yang dapat meningkatkan habitat bagi makrofauna dan menyediakan jalur serta tempat air yang mengakibatkan aliran permukaan menjadi berkurang karena resapan air meningkat serta meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah dan akuifer.

Faktor penting yang mendasari pengelolaan air adalah sifat-sifat tanaman terhadap kebutuhan air, jumlah air yang diberikan, cara irigasi dan karakteristik tanah dalam menyimpan air. Faktor tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi agroekologi setempat seperti iklim, jenis tanah dan ketersediaan air irigasi. Kurangnya informasi dasar tentang kebutuhan air tanaman dalam kondisi tropis adalah salah satu penyebabnya penggunaan air yang tidak efisien dan pengelolaan irigasi yang tidak memadai (Evandro et al, 2019).

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air adalah perubahan iklim yang akan menyebabkan banyak tantangan ekonomi dan sosial yang akan dihadapi oleh pengelolaan air di bidang pertanian (Rosenzweig et al., 2004; EEA, 2012, b, c; Iglesias et al., 2011a; IPCC, 2007). Sementara beberapa aspek perubahan iklim seperti peningkatan curah hujan dapat membawa

beberapa manfaat lokal, juga akan ada sejumlah dampak buruk, termasuk berkurangnya ketersediaan air dan cuaca ekstrem yang lain (Alcamo et al., 2007; Arnell et al., 2011; Easterling et al., 2000; Rosenzweig et al., 2004; Iglesias et al., 2007). Dampak negatif ini dapat menempatkan pengelolaan air saat ini, terutama pada tingkat pengelola lahan dan daerah, pada risiko yang sangat berpengaruh (IPCC, 2014). Meskipun hasilnya beragam dan kadang-kadang bertentangan, elemen yang umum adalah bahwa salah satu dampak utama dari perubahan iklim adalah pengurangan ketersediaan air untuk keperluan irigasi di semua wilayah (EEA, 2012).

Praktik-praktik irigasi yang inovatif dapat meningkatkan efisiensi air, mendapatkan keuntungan ekonomis sementara juga mengurangi beban lingkungan. Dalam beberapa kasus pengetahuan yang diperlukan telah disediakan oleh ekstensi jasa, membantu petani untuk beradaptasi dan menerapkan solusi yang layak, sehingga mendapatkan lebih banyak manfaat dari irigasi teknologi. Levidow et al (2014)

Konsekuensi utama dari perubahan sumber daya air untuk produksi pertanian meliputi: (i) peningkatan permintaan air di

semua wilayah karena peningkatan evapotranspirasi tanaman dalam menghadapi peningkatan suhu; (ii) meningkatnya kekurangan air, khususnya di bulan-bulan musim semi dan musim panas, meningkatkan kebutuhan air untuk irigasi, terutama di daerah-daerah dengan tekanan air saat ini; (iii) penurunan kualitas air karena suhu air yang lebih tinggi dan tingkat limpasan yang lebih rendah di beberapa daerah, terutama daerah pedesaan (Iglesias et al, 2015)

Kelangkaan air sering kali menjadi pembatas utama dalam pengelolaan lahan kering. Oleh karena itu, inovasi teknologi pengelolaan air dan iklim sangat diperlukan, meliputi teknik panen hujan (*water harvesting*), irigasi suplemen, prediksi iklim, serta penentuan masa tanam dan pola tanam.

Pemanenan Air

Pemanenan air dapat dilakukan dengan menampung air hujan atau aliran permukaan pada tempat penampungan sementara atau permanen, untuk digunakan mengairi tanaman (Subagyo et al. 2004). Oleh karena itu, pemanenan air selain berfungsi menyediakan air irigasi pada musim kemarau, juga dapat

mengurangi risiko banjir pada musim hujan. Teknologi ini bermanfaat untuk lahan yang tidak mempunyai jaringan irigasi atau sumber air bawah permukaan (*ground water*). Di daerah arid dan semiarid banyak dipraktekkan teknik modifikasi mikrorelief seperti pematang setengah lingkaran (*half moon dykes*), rorak, sistem gulud menurut kontur, gulud berblok, dan lain-lain. Embung, kedung, dan dam parit juga merupakan teknik panen air yang telah berkembang di beberapa daerah di Indonesia. Namun perlu analisis ekonomi yang komprehensif tentang manfaat dan keuntungan pembuatan bangunan permanen air seperti embung Agus et al. (2005).

Irigasi suplemen merupakan istilah yang digunakan dalam pemberian dan pendistribusian air pada lahan kering, yang mencakup dua aspek penting, yaitu besarnya air yang diberikan dan interval pemberiannya (Agus et al. 2005). Jumlah air yang diberikan ditetapkan berdasarkan kebutuhan tanaman, kemampuan tanah memegang air, serta sarana irigasi yang tersedia. Berdasarkan sarana irigasi yang digunakan, sistem irigasi suplemen terdiri atas: 1) irigasi genangan, 2) irigasi saluran, 3) irigasi

sprinkle, 4) irigasi tetes, dan 5) kombinasi dari dua atau lebih sistem (irigasi *hybrid*). Tersedianya sarana irigasi memungkinkan pemberian air dapat dilakukan lebih teliti. Untuk irigasi tetes atau *sprinkle*, pemberian air dapat dikombinasikan dengan pemupukan.

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, konsep *management allowable depletion* atau *maximum allowable depletion* (MAD) dapat digunakan dalam merancang penjadwalan irigasi suplemen bagi suatu jenis tanaman. MAD dapat didefinisikan sebagai derajat kekeringan tanah yang masih diperbolehkan untuk menghasilkan produksi yang optimum. Sutono et al. (2006) melaporkan bahwa untuk tanaman jagung, efisiensi penggunaan air irigasi tertinggi dicapai pada level MAD 75% pada tanah lempung berpasir dari Zeebrugge, Belgia, dan untuk tanaman cabai pada tanah Typic Kanhapludults di Lampung dicapai pada level MAD 60% air tersedia.

Hasil penelitian Aminah et al 2020, melihat efektivitas metode pemberian air dan waktu pemberian air pada tanaman kedelai dalam meningkatkan kelengasan tanah didapatkan produksi kedelai tertinggi diperoleh dengan cara/metode pemberian air secara genangan, dengan waktu

pemberian air saat umur 15 hari setelah tanam dan pada saat berbunga didapatkan sekitar 2,4 ton/ha biji kering kedelai, dimana jumlah rata-rata air irigasi yang diberikan pada 1 kali irigasi berkisar antara 0,40 -0,59 m³ per m² luas tanah. Jumlah air terendah didapatkan pada perlakuan irigasi 1 kali pada umur 15 hari, baik dengan saluran maupun genangan. Meskipun demikian pemberian air irigasi pada saat berbunga lebih tinggi dibandingkan dengan irigasi pada umur 15 hari. Hal ini disebabkan oleh kondisi tanah pada saat berbunga sudah terlalu kering dibandingkan pada umur 15 hari setelah tanam sehingga air yang dibutuhkan menjadi lebih banyak. Jumlah air ini merupakan total air yang masuk dalam petakan dan tidak terdeteksi air yang bocor, kedalaman lapisan kedap dan volume tanah sehingga terdapat kemungkinan air yang diberikan melebihi kebutuhan tanaman. Hasil ini mengisyaratkan bahwa pemberian air irigasi pada saat berbunga merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan meningkatkan hasil biji kacang kedelai, khususnya yang ditanam di tanah berat (Vertisol). Sebaliknya berat 100 biji tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa pengairan (kapasitas lapang). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya

kompensasi dari rendahnya jumlah polong dan hasil biji/tanaman pada perlakuan tanpa irigasi sehingga hasil fotosintat dialirkan ke dalam biji. Oleh karena itu pada tanaman kacang kedelai yang kekurangan air selama pertumbuhannya memiliki jumlah biji/polong , jumlah polong dan berat biji/tanaman yang lebih rendah tetapi memiliki berat 100 biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman normal (Aminah, dkk. 2020).

Selain pengelolaan air dengan metode/ pemberian air irigasi saluran dan metode/cara pemberian air irigasi genangan, metode penggenangan/perendaman juga merupakan salah satu teknologi yang bisa digunakan dalam mempertahankan tingkat kelengasan tanah bagi tanaman kedelai. Hal ini telah dilakukan oleh Aminah et al 2020 dimana penelitian dilakukan di green house dan didapatkan hasil pengamatan terhadap kandungan lengas tanah sebelum dan sesudah perendaman disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh tinggi permukaan air dan waktu perendaman terhadap jumlah air yang diberikan terhadap kandungan lengas tanah sebelum dan sesudah perendaman

Perlakuan	Jumlah pemberian air (ml)	Kandungan lengas tanah sebelum perendaman (%)	Kandungan lengas tanah setelah perendaman (%)
Kapasitas Lapang	12130	38.80*)	

Ketinggian air 5 cm pada 0-15 hst	16600	38.82	42.55
Ketinggian air 5 cm pada 15-30 hst	16550	38.79	42.60
Ketinggian air 5 cm pada 30-45 hst	16500	38.25	44.45
Perendaman terus menerus sampai panen	20740	39,89	46.44
Ketinggian air 10 cm pada 0-15 hst	16840	38.60	43.10
Ketinggian air 10 cm pada 15-30 hst	16540	37.30	44.58
Ketinggian air 10 cm pada 30-45 hst	16600	37.18	45.40
Perendaman terus menerus sampai panen	20950	38.63	46.80

*) kandungan lengas tanah dipertahankan kapasitas lapangan

Sumber : Aminah, dkk. 2020.

Dari tabel di atas terlihat bahwa Sebelum perlakuan perendaman semua tanah mempunyai kandungan lengas di sekitar kapasitas lapangan yang berkisar antara 37,18 % - 39,89 % (Tabel 6). Sebagai kontrol digunakan pengairan dengan mempertahankan lengas tanah selalu berada disekitar kapasitas lapang. Perendaman terus-menerus selama pertumbuhan tanaman dengan tinggi permukaan air 5 cm dan 10 cm menunjukkan kandungan lengas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Tanah jenis alfisol yang digunakan sebagai media tumbuh mempunyai tekstur ringan sehingga pada saat direndam kandungan lengas tanahnya berada di sekitar jenuh air

baik pada tinggi permukaan air 5 cm maupun 10 cm (Aminah, dkk. 2020)

Tabel 7, terlihat bahwa perlakuan perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 10 cm diperlukan air sebanyak 20.950 ml dan perlakuan perendaman terus-menerus pada tinggi permukaan air 5 cm diperlukan air sebanyak 20.740 ml, sedangkan perlakuan kapasitas lapangan hanya memerlukan air sebanyak 12130 ml. Demikian juga perendaman pada setiap 15 hari diperlukan air di atas kapasitas lapang. Hal ini menandakan bahwa metode pemberian air secara terus menerus (W4) dengan tinggi permukaan air 5 cm dan 10 cm mampu mempertahankan kelengasan tanah di atas kapasitas lapang, sedangkan untuk perlakuan yang lain masih bisa ditolerir dalam mempertahankan kelengasan tanah karena hampir menyamai dengan kondisi kapasitas lapang.

Tabel 8. Pengaruh tinggi permukaan air dan waktu perendaman terhadap tinggi tanaman, umur panen, luas daun, panjang akar dan berat kering biomas saat panen

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Umur panen (hari)	Luas daun (cm ² /plant)	Panjang akar (cm)	Berat kering tanaman(gr)

Kapasitas Lapang	45.02 e	84.77 b	469.55 a	42.56 a	28.03 de
Ketinggian air 5 cm pada 0-15 hst	49.30 cd	84.56 a	520.66 a	44.33 a	34.15 b
Ketinggian air 5 cm pada 15-30 hst	49.54 cd	84.72 b	575.96 a	43.84 a	29.89 bcd
Ketinggian air 5 cm pada 30-45 hst	54.33 b	85.84 b	479.23 a	42.66 a	30.97 bcd
Perendaman terus menerus sampai panen	63.54 a	86.07 b	485.34 a	43.69 a	47,03 a
Ketinggian air 10 cm pada 0-15 hst	50.21 c	89.18 c	487.47 a	41.91 a	29,52 cd
Ketinggian air 10 cm pada 15-30 hst	47.57 d	89.07 c	482.71 a	43.09 a	24,55 e
Ketinggian air 10 cm pada 30-45 hst	48.78 cd	86.56 b	465.47 a	41.67 a	27,22 de
Perendaman terus menerus sampai panen	61.14 a	76.44 a	521.51 a	42.93 a	32,60 bc
BNT 5%	2,425	0.32	65.55	3,21	4,342

*BNT = Beda nyata terkecil

Pertumbuhan tanaman yang dicirikan oleh tinggi tanaman dipengaruhi oleh tinggi permukaan air dan waktu perendaman, tetapi pengaruhnya kurang nyata. Perendaman pada umur 15-30 hst dengan tinggi air 10 cm menyebabkan tanaman tumbuh lebih pendek, dibandingkan perendaman pada 0-15 hst, 30-45 hst dan terus-menerus sampai panen dengan permukaan air 5 cm (Aminah, dkk. 2020), diduga pada kondisi ini tanaman mengalami tahap aklimatisasi pada kondisi lingkungan tanah yang mengalami perubahan kadar air tanah dari kapasitas lapang menuju pada di atas kapasitas lapang, sehingga mengakibatkan menurunnya peubah-peubah pertumbuhan pada tanaman yang dijenuhi. Kondisi ini menunjukkan gejala khlorotik sebagai ciri khas kahat unsur nitrogen. Penelitian lain

didapatkan bahwa fenomena tersebut sebagai akibat adanya cekaman jenuh air, kemampuan memfiksasi N menjadi turun sebab banyak akar tanaman kedelai yang busuk dan mati, sehingga permukaan daya absorpsi hara juga berkurang dan akhirnya daun tanaman kedelai menjadi hijau terang (Troedson 1986)

Tinggi permukaan air dan waktu perendaman tidak berpengaruh terhadap luas daun dan panjang akar (Tabel 8).

Akumulasi biomas terkecil terjadi pada perendaman 15-30 HST dengan tinggi permukaan air 10 cm yaitu 24.55 gram sedangkan perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm menghasilkan akumulasi biomas tertinggi 47.03 gram (Tabel 8).

Perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm meningkatkan hasil biji sebesar 19.23 % dibandingkan kontrol. Hal ini didukung oleh meningkatnya komponen panen seperti jumlah polong dan jumlah biji/tanaman sebesar 31.1 % dan 37.59 % di atas kapasitas lapang. Sedangkan untuk tinggi penggenangan 10 cm dengan perendaman terus menerus

sampai panen justru memperlihatkan berat biji yang paling rendah yaitu 7.09 gram, hal ini diduga pada periode ini merupakan periode kritis untuk pertumbuhan kedelai yang sangat respon terhadap tingkat penggenangan air

Hasil pengamatan terhadap kehijauan daun, jumlah polong, jumlah biji pertanaman, berat 100 biji, dan berat biji pertanaman disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh tinggi permukaan air dan waktu perendaman terhadap kehijauan daun, jumlah polong, jumlah biji pertanaman, berat 100 biji, dan berat biji pertanaman

Perlakuan	Kehijauan daun	Jumlah polong	Jumlah biji/tanaman	Berat 100 biji (g)	Berat biji/tanaman (g)
Kapasitas lapang	36.83 a	14.34 _c	101.68 cd	9.91 b	10.25 bc
Ketinggian air 5 cm pada 0-15 hst	37.19 a	12.78 _c	95.77 cd	10.58 a	9.93 bc
Ketinggian air 5 cm pada 15-30 hst	34.67 b	14.01 _c	104.64 c	10.57 a	9.67 cd
Ketinggian air 5 cm pada 30-45 hst	36.45 a	18.74 _b	119.51 b	9.04 c	10.67 b
Perendaman terus menerus sampai panen	36.19 a	20.81 _a	162.94 a	9.63 b	12.69 a
Ketinggian air 10 cm pada 0-15 hst	31.23 c	13.77 _c	89.47 def	9.77 b	9.02 d
Ketinggian air 10 cm pada 15-30 hst	26.15 d	13.44 _c	75.42 f	8.98 c	7.76 e
Ketinggian air 10 cm pada 30-45 hst	36.21 a	13.52 _c	80.68 ef	9.08 c	7.87 e
Perendaman terus menerus sampai panen	30.34 c	14.01 _c	93.79 cde	9.04 c	7.09 bc
BNT 5%	1.16	1.74	14.61	0.44	0.89

*BNT = Beda nyata terkecil

Sumber = (Aminah dkk, 2020)

Tinggi permukaan air dan waktu perendaman berpengaruh terhadap kehijauan daun yang merupakan indikator kandungan klorofil daun (Tabel 9). Perendaman pada 0-15 hari setelah tanam dengan tinggi permukaan air 10 cm mempunyai kehijauan daun paling rendah demikian halnya dengan perendaman terus-menerus sampai panen dengan tinggi air 10 cm juga mempunyai kehijauan daun terendah, sedangkan beberapa perlakuan lain mempunyai kehijauan daun yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kapasitas lapangan (Aminah, dkk. 2020).

Kehijauan daun berkorelasi dengan kandungan kadar klorofil daun, semakin hijau suatu daun maka kadar klorofilnya semakin banyak dan kemampuan untuk berfotosintesis akan semakin tinggi, juga dapat menjadi alat yang sensitif untuk mengidentifikasi variasi genotip dalam memperkirakan tingkat fotosintesis dan dapat berfungsi sebagai kriteria seleksi dalam program pemuliaan tanaman (Iglesias et al, 2015).

Khlorofil merupakan unsur penentu kemampuan fotosintesis tanaman yang sebagian besar terdapat pada daun tanaman. Kadar khlorofil daun berhubungan erat dengan

kehijauan daun. Klorofil merupakan pigmen yang memiliki fungsi dalam proses fotosintesis tanaman. Semakin tinggi kadar klorofil daun maka kemampuan dalam berfotosintesis akan semakin tinggi. Selanjutnya dikatakan bahwa pada proses fotosintesis, klorofil tanaman adalah molekul kompleks yang berperan menangkap energi cahaya matahari yang merupakan proses transfer energi dan elektron Taiz and Zeiger 2002,

Teknik pengairan dengan cara perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm tampaknya berpotensi meningkatkan hasil kacang kedelai. Dari hasil ini mengisyaratkan bahwa cara pengairan sampai tanah jenuh air atau di atas kapasitas lapang selama 15 hari masih cukup aman untuk pertumbuhan tanaman (Aminah, et al, 2020).

Di lapangan teknologi oleh beberapa peneliti disebut sebagai budidaya basah (wet soil culture) atau budidaya jenuh air (saturated soil culture). Kondisi hanya dapat dilakukan pada saat tanaman sudah berumur. 15 hari. Hasil penelitian budidaya basah pada kedelai di lapangan yang dapat meningkatkan hasil sekitar 70 % dibandingkan dengan pengairan konvensional (Suryana, 2008)

Pengamatan terhadap peubah berat 100 biji menunjukkan bahwa perlakuan perendaman 5 cm pada 0 – 15 hari setelah tanam dan 15 – 30 hari setelah tanam menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan kapasitas lapang dimana terjadi peningkatan berat 100 biji sebesar 5,8% dibanding kapasitas lapang. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya kompensasi dari rendahnya jumlah polong dan hasil biji/tanaman pada perlakuan tersebut sehingga hasil fotosintat dialirkan ke dalam biji. Oleh karena itu pada tanaman kacang kedelai yang kekurangan air selama pertumbuhannya memiliki jumlah biji/polong , jumlah polong dan berat biji/tanaman yang lebih rendah tetapi memiliki berat 100 biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan perendaman 5 cm pada 0-15 hari setelah tanam dan 15-30 hari setelah tanam Hasil ini mengisyaratkan bahwa perendaman air pada saat tersebut merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan meningkatkan hasil biji kacang kedelai, khususnya yang ditanam di tanah kering alfisol (Aminah, et al, 2020).

Tersedianya air selama pertumbuhan tanaman sangat menentukan daya hasil kedelai. Kebutuhan tanaman kedelai akan air selama proses pertumbuhan tanaman berkisar antara 450 – 700 mm/musim, tergantung pada kondisi iklim dan umur tanaman. Jumlah yang dibutuhkan berbeda pada setiap fase pertumbuhan. Konsumsi air bagi tanaman kedelai sangat tergantung pada iklim, jenis tanah, pengelolaan tanah dan lamanya pertumbuhan tanaman, dengan demikian kebutuhan air untuk setiap wilayah agroekosistem adalah berbeda. Walaupun kedelai sebagai tanaman palawija yang tidak banyak membutuhkan air namun pada saat stadia awal pertumbuhan, berbunga dan pengisian polong ketersediaan air sangat diperlukan. Bila mengalami kekeringan pada stadia tersebut maka produktivitas kedelai dapat turun 40–65%, (Adisarwanto, 2007),

Hasil penelitian Aminah (2013) mendapatkan bahwa kedelai yang diberikan cekaman air 150 mm/musim (di bawah kebutuhan normal) memperlihatkan perbedaan yang sangat nyata dengan kedelai yang mendapat air 300 mm/musim (kebutuhan normal) yaitu terjadi penurunan yang sangat nyata

baik terhadap komponen pertumbuhan tanaman maupun terhadap komponen produksi.

Pengembangan pertanian di lahan kering untuk tanaman pangan perlu didorong dengan berbagai inovasi teknologi, mengingat potensinya yang besar sehingga cukup potensial untuk mendukung usaha pemantapan ketahanan pangan. Mengembangkan pertanian lahan kering dataran rendah untuk pangan saat ini dan yang akan datang merupakan pilihan strategis dalam menghadapi tantangan peningkatan produksi pangan untuk mendukung program ketahanan pangan nasional yang menjadi program unggulan pemerintah.

Peningkatan dan Pengawetan Lengan Tanah

Konservasi air tanah dapat ditempuh dengan dua cara, yaitu meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan mengurangi besarnya energi matahari yang jatuh ke bidang evaporasi. Beberapa usaha yang dapat dilakukan agar air tersedia dalam tanah lebih banyak bagi tanaman dan dapat dimanfaatkan secara efisien adalah: (1) pengolahan tanah, (2) pemberian bahan organik, (3) penggunaan mulsa, (4)

pengendalian gulma, (5) pemanfaatan embung dan sumur sebagai sumber pengairan (Fagi dan Tangkuman 1995).

Pemanfaatan Embung Dan Sumur Pompa Untuk Pengairan

Upaya penyediaan air irigasi di musim kemarau pada lahan tadah hujan dan lahan kering antara lain adalah dengan membangun embung. Fungsi embung adalah untuk menampung kelebihan air hujan yang mengalir sebagai air limpasan permukaan (run-off), sehingga selain dapat mengurangi laju erosi tanah, juga dapat berfungsi sebagai penampung air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengairan. Air embung dapat digunakan untuk mengairi tanaman kedelai di musim kemarau. Pembangunan embung harus memperhatikan beberapa kriteria seperti ukuran embung, jenis tanah, kemiringan lahan, topografi, lokasi, kapasitas tampung, daerah tangkapan hujan, koefisien limpasan permukaan, luas daerah yang akan diairi, kerapatan embung, dan usaha konservasi air embung (Syamsiah dan Fagi 1993). Luas embung idealnya 5-6% dari luas lahan yang diairi dengan kedalaman 1-1,5 m (Manwan et al. 1990).

Selain membangun embung, upaya penyediaan air irigasi pada lahan tadah hujan adalah dengan membangun sumur. Sumur gali merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk mengairi tanaman kedelai di lahan kering. Pengairan dari embung atau sumur hisap harus dilakukan seefisien mungkin karena memerlukan biaya tinggi, yakni pengairan diberikan pada periode-periode kritis tanaman saja dengan jumlah secukupnya. Pengambilan air dari sumur menurut Hadad dan Endrizal (1993) dapat dilakukan dengan cara:

1. Katrol, yaitu air tanah diambil dengan ember yang dihubungkan dengan katrol.
2. Pompa hisap, yaitu dengan pompa air yang diproduksi pabrik dengan tenaga mesin.
3. Pompa hisap tenaga kincir angin.
4. Pompa hisap tenaga listrik, yaitu pompa hisap menggunakan tenaga listrik dengan kincir angin sebagai pembangkit listrik.

Prabowo et al. (1996) melaporkan bahwa untuk mengairi tanaman kedelai seluas 1 hektar dari sumur dengan kedalaman air kurang dari 2 m, penggunaan pompa air tipe sepak lebih baik

dibanding tipe sentrifugal. Apabila kedalaman air lebih dari 2 m, penggunaan pompa sentrifugal lebih baik. Makin besar diameter dan daya mesin pompa akan menurunkan biaya eksploitasi pompa per hektar per musim tanam

Berpedoman pada kebutuhan air untuk tanaman kedelai, yaitu setiap kali pengairan sebesar 300-500 m³/ha (Saleh et al. 1999), maka untuk mendapatkan keuntungan yang tinggi (nisbah R/C tinggi) berdasarkan hasil penelitian Prabowo dkk. (1996) adalah sebagai berikut:

1. Apabila air berasal dari sungai perlu pompa sepak PS-2 berdiameter 8 inci dengan daya mesin 10 PK selama 2,3 hingga 3,8 jam/ha untuk sekali pengairan.
2. Apabila air berasal dari sumur dengan kedalaman air lebih dari 2 m, sebaiknya menggunakan pompa sentrifugal berdiameter 4 inci dan bermesin 10 PK. Dengan pompa ini, setiap pengairan diperlukan waktu 7,6-12,7 jam per hektar.

Pengairan diberikan pada saluran irigasi dengan jarak antar saluran 3-4 m. Air diberikan secara genangan dalam parit

setinggi 10-15 cm di bawah permukaan tanah atau hingga kandungan air mencapai sekitar 85% dari kapasitas lapangan.

Tabel 10. Kapasitas dan nilai ekonomi penggunaan pompa air tipe sepak dan tipe sentrifugal untuk pengairan tanaman kedelai.

Jenis pompa	Diameter pompa (inci)	Daya mesin (PK)	Debit air (l/detik)	Bahan bakar (l/jam)	Waktu operasional (menit/0,5 ha/ aplikasi)	R/C*
Sepak PS-3	4	6	14	2,4	90	1,38
Sepak PS-1	6	8	20	2,6	75	1,40
Sepak PS-2	8	10	36	2,8	45	1,45
Sentrifugal	2	4	3,8	0,85	480	1,38
	3	5	4,5	1,14	360	1,41
	4	10	10,9	1,9	150	1,57

Pompa sepak digunakan untuk menaikkan air sungai dan pompa sentrifugal untuk menaikkan air sumur.

* selama pertumbuhan kedelai di air 8 kali
Sumber: Prabowo dkk (1996)

Bahan organik yang dibenamkan ke dalam tanah setelah mengalami perombakan akan membentuk kompleks tanah-koloid organik yang akan memperbesar kemampuan tanah menyerap air. Mulsa sisa-sisa tanaman di permukaan tanah berfungsi sebagai isolasi energi matahari, sehingga dapat mengurangi kehilangan air karena evaporasi, yang berarti juga mempertahankan kapasitas tanah menahan air. (Pinheiro and Chaves. 2011

Di dalam tanah, air mengisi ruang antara partikel tanah, makin banyak ruang pori makin besar pula air meresap dan

mengisi pori-pori dalam tanah yang akhirnya akan meningkatkan jumlah air yang dapat ditahan oleh tanah. Pengolahan tanah adalah tindakan mekanik terhadap tanah dengan tujuan untuk menciptakan kondisi gembur dan aerasi cukup bagi tanaman. Pengolahan tanah berarti memotong pori-pori kapiler tanah, menghambat laju evaporasi, sehingga pengolahan tanah yang lebih dalam di lahan kering diharapkan mampu menciptakan kondisi tanah yang mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan air tanah lebih banyak. Tindakan ini akan menghasilkan perbaikan sifat fisik tanah, di antaranya meningkatkan total ruang pori, pori aerasi, pori air tersedia, mengurangi kepadatan tanah, dan menurunkan berat isi tanah (Abdirahman, dkk. 2014)

Pengolahan Tanah

Pengaruh pengolahan tanah terhadap berat isi tanah pada beberapa jenis tanah telah dilaporkan oleh Indrawati (1998). Pengolahan tanah pada tanah Alfisol di Muneng menurunkan berat isi tanah sebesar 2% dan 3,7% masing-masing pada pengolahan tanah dangkal (10-20 cm) dan dalam (25-35 cm).

Pada tanah Entisol Mojosari, pengolahan tanah menurunkan berat isi tanah sebesar 2,6% dan 25% masing-masing pada pengolahan tanah dangkal dan dalam. Di tanah Vertisol Ngale, pengolahan tanah menurunkan berat isi tanah sebesar 2,3% dan 7,8% masing-masing pada pengolahan tanah dangkal dan dalam (Tabel 11).

Tabel 11. Berat isi tanah di lapisan atas (0-20 cm) dan lapisan bawah (20-40 cm) tanah pada kedalaman olah tanah yang berbeda.

Pengolahan tanah (OT)	Berat isi (g/cm ³) pada kedalaman pengukuran		Kapasitas tanah menahan air (%) pada kedalaman <u>pengukuran</u>	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Alfisol di Muneng				
OT dangkal	1,27	1,36	28,7	26,4
OT dalam	1,22	1,29	29,3	26,6
Tanpa OT	1,30	1,30	25,9	26,1
Entisol di Mojosari				
OT dangkal	1,12	1,14	35,0	30,8
OT dalam	0,70	1,03	35,9	31,4
Tanpa OT	1,15	1,17	31,3	28,3
Vertisol di Ngale				
OT dangkal	0,94	0,98	38,3	36,4
OT dalam	0,84	0,94	40,3	37,0
Tanpa OT	0,96	0,96	32,7	32,5

Sumber: Indrawati (1998)

Pengolahan tanah dalam pada musim hujan mampu mempertahankan kandungan air tanah pada musim marengan (musim tanam kedua) lebih tinggi dibanding pengolahan tanah dangkal, sehingga meningkatkan hasil kedelai pada musim tanam kedua (Tabel 12).

Tabel 12. Pengaruh kedalaman olah tanah dan pemberian bahan organik terhadap kandungan lengas, tinggi tanaman, dan hasil kedelai. Muneng, 1996/1997.

Perlakuan	Lengas tanah (%) 60 hari Hasil Setelah tanam.		Tinggi tanaman (cm)		Hasil (t/ha)	
	MP	MK	MP	MK	MP	MK
Pengolahan tanah						
Diolah 15 cm	25,51	19,25	67,9	46,1	1,63	2,36
Diolah 30 cm	24,93	19,74	66,0	46,7	1,63	2,63
Bahan organik						
Bagas 20t/ha	24,40	19,28	57,3	46,6	1,57	2,53
Blotong 20t/ha	25,10	19,72	71,6	46,7	1,76	2,48
Azolla 10t/ha	25,63	19,27	72,9	48,5	1,68	2,38
Jerami 10t/ha	25,03	19,03	64,0	45,6	1,57	2,70
Kontrol	25,95	20,18	69,1	44,5	1,55	2,40
BNT 5% olah tanah	1,42	1,06*	4,7	1,82	0,11	0,27*
BNT 5% bahan organik	2,24	1,50	7,4*	2,9*	0,18*	0,43

Sumber: Manshuri dan Harnowo (1997)

Pembenaman bahan organik, seperti pupuk hijau, kompos atau pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik tanah, termasuk agregasi tanah (Hafez 1977), mengurangi bobot isi tanah (Tiarks et al. 1974, Indrawati 1998), dan memperbesar daya adsorpsi tanah terhadap air (Prayoto dan Herudjito 1989, Indrawati 1998). Koloid organik sebagai hasil perombakan bahan organik oleh mikro organisme tanah dan cairan yang dikeluarkan oleh mikro organisme tersebut berfungsi sebagai perekat yang mempersatukan partikel-partikel tanah menjadi butir-butir tanah (Soepardi 1983).

Pemberian Bahan Organik

Pembenaman bahan organik pada tanah Entisol Mojosari menurunkan berat isi tanah sebesar 30% dan 16%, serta kapasitas tanah menahan air sebesar 18% dan 19% masing-masing pada kedalaman tanah 0-20 cm dan 20-40 cm (Tabel 13). Pembenaan bahan organik juga mampu meningkatkan persentase kandungan air pada kapasitas lapang 23-24%. Pembenaan kompos sekam dan jerami padi lebih baik dibanding bahan organik lain karena masing-masing menurunkan berat isi tanah dan meningkatkan kapasitas tanah menahan air masing-masing 36% dan 28%.

Tabel 13. Pengaruh pemberian berbagai macam bahan organik terhadap beberapa sifat fisik tanah Entisol Mojosari.

Jenis bahan organik	Berat isi tanah (g/cm ³)	Kapasitas tanah menahanair (%)	Kadarair kapasitas lapang (%)
Kedalaman 0-20 cm			
Kompos crotalaria	0,67	38,9	33,5
Kompos sekam	0,58	44,1	42,5
Kompos jerami	0,67	42,9	40,2
Pupuk kandang	0,84	34,8	33,2
Tanpa bahan organik	0,99	34,1	31,3
Kedalaman 20-40 cm			
Kompos crotalaria	0,94	33,1	31,0
Kompos sekam	0,77	37,8	36,5
Kompos jerami	0,84	33,5	33,0
Pupuk kandang	1,10	31,1	28,7
Tanpa bahan organik	1,11	28,6	27,3

Sumber: Indrawati (1998)

Bahan organik dapat juga digunakan sebagai mulsa. Keuntungan penggunaan mulsa antara lain: (1) melindungi agregat tanah dari daya rusak butir-butir hujan, (2) meningkatkan penyerapan air oleh tanah, (3) mengurangi volume dan kecepatan aliran permukaan, (4) memelihara temperatur dan kelembaban tanah, (5) memelihara kandungan bahan organik tanah, dan (6) mengendalikan pertumbuhan tanaman pengganggu (Purwowidodo 1982).

Penggunaan Mulsa

Peningkatan produksi kedelai dapat dilakukan dengan perbaikan budidaya, yaitu dengan budidaya menggunakan mulsa. Penggunaan mulsa bertujuan untuk menekan pertumbuhan gulma, mencegah kehilangan air tanah, serta suhu dan kelembaban tanah agar relatif stabil.

Tanaman kedelai akan tumbuh dengan normal apabila kebutuhannya terpenuhi. Oleh karena itu, mulsa merupakan salah satu dari teknik budidaya yang tepat diterapkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman kedelai tersebut. Besar kecilnya pengaruh yang ditimbulkan akibat pemulsaan tersebut

akan bergantung juga pada tingkat ketebalan dan bahan dari mulsa itu sendiri (Akbar, dkk. 2013).

Mulsa organik ialah mulsa yang bahannya berasal dari tanaman atau sisa pertanian. Mulsa yang berasal dari sisa tanaman memiliki banyak keuntungan diantaranya dapat memperbaiki kesuburan, struktur, cadangan air tanah dan tersedia cukup banyak. Selain itu, sisa tanaman dapat menarik binatang tanah karena kelembaban tanah yang stabil dan tersedianya bahan organik sebagai makanannya. Hal tersebut berpengaruh pada aerasi dan kemampuan tanah dalam menyerap air akan lebih baik. Besar kecilnya pengaruh yang ditimbulkan akibat pemulsaan tersebut akan bergantung juga pada tingkat ketebalan dan bahan dari mulsa itu sendiri (Martoni, A. 2007).

Hasil penelitian Akbar, dkk (2013) didapatkan bahwa Perlakuan mulsa sekam dan mulsa jerami dengan ketebalan 5 cm menghasilkan bobot kering gulma paling rendah dibandingkan perlakuan yang lainnya. Sedangkan Penggunaan mulsa paitan dengan ketebalan 5 cm, mulsa paitan

dengan ketebalan 2,5 cm, mulsa sekam dengan ketebalan 5 cm, mulsa sekam dengan ketebalan 2,5 cm, dan mulsa jerami dengan ketebalan 5cm sangat efektif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai sehingga dapat meningkatkan bobot 100 biji dan hasil biji (ton ha⁻¹).

Penggunaan mulsa pada budidaya tanaman meningkatkan hasil tanaman, terutama pada musim kemarau (Purwowidodo 1982). Penggunaan mulsa jerami padi sebanyak 5 t/ha di lahan kering tanah Alfisol pada pertanaman kedelai musim kemarau meningkatkan hasil kedelai 27% dibanding tanpa mulsa. Peranan mulsa lebih menonjol dibanding perlakuan yang lain, sehingga dapat disarankan penggunaan mulsa pada penanaman kedelai di lahan kering pada MK I, agar lengas tanah dapat dipertahankan (Suyamto 1998).

BAB VI

PENUTUP

Peningkatan produksi bahan pangan nasional berjalan relatif lambat dibandingkan dengan permintaannya karena adanya berbagai kendala yang sulit diatasi, seperti persaingan dalam penggunaan air, banjir, kekurangan hara dan lain-lain, sehingga diperlukan suatu teknologi metode dalam pengelolaan air khususnya pada lahan kering yang keberadaannya sangat luas, sehingga mampu mempertahankan kelengasan tanah khususnya pada tanaman kedelai.

Di lahan sawah, kedelai umumnya ditanam setelah padi dengan pola padi – padi – kedelai atau padi – kedelai – kedelai bergantung pada ketersediaan air. Pada awal pertumbuhan, kedelai sering mengalami cekaman air akibat genangan, terutama di tanah-tanah berat, dan pada akhir periode pertumbuhan sering mengalami cekaman kekeringan akibat curah hujan atau pengairan yang tidak mencukupi kebutuhan. Di

samping itu, pelumpuran tanah yang terus-menerus menyebabkan permeabilitas tanah rendah dan memperburuk drainase sehingga kurang menguntungkan bagi pertumbuhan akar kedelai (Harsono dkk, 2017).

Di lahan kering, kedelai yang ditanam pada awal musim hujan umumnya kurang baik dan memberikan hasil rendah karena curah hujan tinggi dan radiasi surya kurang, sehingga petani lebih memilih bertanam jagung atau padi gogo. Kedelai yang ditanam pada akhir musim hujan juga sering menghadapi kekeringan, terutama di daerah-daerah kering beriklim C3 hingga E dengan bulan basah 3-6 bulan per tahun. Oleh karena itu, pengaturan pola tanam, penggunaan varietas toleran kekeringan, konservasi lengas tanah, dan pemanfaatan air secara efisien merupakan faktor penting dalam budi daya kedelai di lahan kering (Harsono dkk, 2017).

Aminah dkk (2020) mendapatkan, salah satu teknologi pengelolaan air pada tanaman kedelai adalah dengan metode perendaman/penggenangan, dimana metode perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm meningkatkan hasil biji (berat biji) sebesar 19.23 % dibanding

kapasitas lapang. Hal ini didukung oleh meningkatnya komponen panen seperti jumlah polong dan jumlah biji pertanaman sebesar 31.1 % dan 37.59 % dibanding kapasitas lapang. Untuk kehijauan daun, perendaman pada 15-30 hari setelah tanam dengan tinggi permukaan air 5 cm dan 10 cm mempunyai kehijauan daun yang paling rendah. Perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm dan 10 cm menunjukkan kandungan lengas yang tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain Teknik pengairan dengan cara perendaman terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm tampaknya berpotensi meningkatkan hasil kedelai. Hasil ini mengisyaratkan bahwa cara pengairan sampai tanah jenuh air atau di atas kapasitas lapang selama 15 hari masih cukup aman untuk pertumbuhan tanaman dan teknologi ini disebut sebagai budidaya basah (wet soil culture) atau budidaya jenuh air (saturated soil culture).

Metode pengelolaan air yang lain berupa metode pengelolaan air dengan cara saluran dan genangan yang dikombinasikan dengan waktu pemberian air, mengingat jumlah air yang sangat terbatas pada lahan kering sehingga nantinya

didapatkan waktu terbaik untuk diberikan air seefisien mungkin dengan metode saluran atau genangan.

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air adalah perubahan iklim yang akan menyebabkan banyak tantangan ekonomi dan sosial yang akan dihadapi oleh pengelolaan air di bidang pertanian. Sementara beberapa aspek perubahan iklim seperti peningkatan curah hujan dapat membawa beberapa manfaat lokal, juga akan ada sejumlah dampak buruk, termasuk berkurangnya ketersediaan air dan cuaca ekstrem yang lain. Dampak negatif ini dapat menempatkan pengelolaan air saat ini, terutama pada tingkat pengelola lahan dan daerah, pada risiko yang sangat berpengaruh. Meskipun hasilnya beragam dan kadang-kadang bertentangan, elemen yang umum adalah bahwa salah satu dampak utama dari perubahan iklim adalah pengurangan ketersediaan air untuk keperluan irigasi di semua wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

A. Abas Idjudin dan S. Marwanto. Balai Penelitian Tanah, Jl.Ir. H. Juanda no. 98, Bogor 16123

Abdirahman MM, Shamsuddin J, Teh Boon SC, Megat WPE, Ali PQ. 2014. Effect of drip irrigation frequency, fertilizer source, and their interaction and dry metter and yield componen of sweet corn. Aust. J. of Crop Sci. 8.2: 223- 231.

Adimihardja, A., L.I. Amin, F. Agus, dan Djaenudin. 2000. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Hlm 19.

Adisarwanto, T. 2001. Bertanam Kedelai di Tanah Jenuh Air (Opsi Innovative Pengelolaan Air untuk Kedelai di Lahan Sawah Irrigasi). Buletin Palawija. Jurnal Tinjauan Ilmiah Penelitian Tanaman Palawija. 1 (2) : 2001. 16 hal

Adisarwanto, T dan R. Wudlanto. 2007. Peningkatan Hasil Panen Kedelai di Lahan Sawah Kering-Pasang Surut. Penebar Swadaya. Jakarta. p. 1-3.

Adisarwanto, T, A.A. Rahmianna, dan R.D. Purwaningrahyu. 2000. Pengelolaan lahan dan mulsa pada kedelai di tanah jenuh air. Lap. Teknis Tahun 1999/2000. Balitkabi. 10 p.

Agus, F., R.L. Watung, H. Suganda, S.H. Tala'ohu, Wahyunto, S. Sutono, A. Setiyanto, H. Mayrowani, A.R. Nurmanaf, and K. Kundarto. 2003. Assessment of environmental multifunc-tions of paddy farming in Citarum River Basin, West Java, Indonesia. Hlm 1-28. *Dalam* U. Kurnia *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian. Bogor, 2 Oktober dan Jakarta, 25 Oktober 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Agus, F., E. Surmaini, dan N. Sutrisno. 2005. Teknologi hemat air dan irigasi suplemen. hlm. 223-245. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor

Ai Dariah dan Irsal Las. 2010. *Membalik Kecenderungan Degradasi Sumber Daya Lahan Dan Air*. PT. Penerbit IPB Press Kampus IPB Taman Kencana Bogor.

Akbar M, Rosyad Ali, Agung Nugroho, Sudiarso, 2013. Pengaruh Mulsa Organik Pada Gulma Dan Tanaman Kedelai (*Glycine Max L.*) Varietas Gema. Jurnal Produksi Tanaman. Volume 1 Nomor 6.

Alcamo, J., Floerke, M., Maerker, M., 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrol. Sci.* 52 (2), 247–275.

Aminah, Abdullah, Nuraeni, Marliana S Palad, 2020. Effectiveness of Water Management Towards Soil Moisture Preservation on Soybean. *International Journal of Agronomy*. Vol. 2020. Hindawi Publisher, USA.

<http://downloads.hindawi.com/journals/ija/2020/8653472.pdf>

Aminah, Ambo Ala, Yunus Musa, Rusnadi Padjung and Kaimuddin, 2017. Strategy of Soybean Management (*Glycine max L.*) to Cope with Extreme Climate Using CropSyst Model. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 2017. 39(3): 324-328. <https://agrivita.ub.ac.id/index.php/agrivita/article/view/1020/877>

Aminah, Kamaruzaman Jusoff, St.Hadijah, Nuraeni, Reta, S.Palad Marliana, A.Hasizah, Maimuna Nonci. 2013. Increasing Soybean (*Glycine max L*) Drought Resistance With Osmolit Sorbitol. *Modern Applied Science*; Vol. 7, No. 9; 2013 ISSN 1913-1844 E-ISSN 1913-1852. DOI: 10.5539/mas.v7n9p78. Online Published : August 29,2013.

<http://ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/29947>.

Published by Canadian Center of Science and Education.

Ariffin 2001. Respon Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L) terhadap Kekurangan Air dan Upaya Meningkatkan Ketahanan Tanaman pada Kondisi kekeringan. Program PascaSarjana Unair, hal 10 – 32.

Arief Harsono, R.D. Purwaningrahayu, dan A. Taufiq .2017. Pengelolaan Air dan Drainase pada Budi Daya Kedelai. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang.

Arnell, N.W., van Vuuren, D.P., Isaac, M., 2011. The implications of climate policy for the impacts of climate change on global water resources. *Glob. Environ. Change* 21, 592–603.

Arsyad S., 1999. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.

Assmann, S. M., and Kenichiro Shimazaki, 1999. The Multisensory guard cell. Stomatal Responses to blue light and abscisid acid. *Plant physiol* 119: 809 – 816.

Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia 2017/2018. Badan Pusat Statistik. Jakarta, Indonesia.

Badan Pusat Statistik (BPS), 2016. Luas lahan Kering di Indonesia. Statistik Indonesia, Jakarta.

Boote, J.R., Stansell, A.M. Schuber, and J. F.Stone, 1982. Irrigation, water use and water relations. p. 164-205. In: H.E. Patte and C.T. Young (Eds.) *Peanut Science and Technology*. APPRES, Texas, USA.

Barrot Haffit, 2016. Optimalisasi Potensi Lahan Kering Untuk Pencapaian Target Peningkatan Produksi Padi Satu Juta Ton di Provinsi Lampung. *Jurnal Litbang Pertanian* Volume 35 No.2, Juni 2016

Berry W.L, Goldstein G, Dreschel TW, Wheeler RM, Sager JC, Knot WM, 1992. Water relations, Gas Exchange, and Nutrien Response to A Long Term Constant Water Deficit. Soil Sci. 153 : 442-450

Brady, N.C., 1990. The Nature and Properties of Soils. Tenth edition. MacMillan Pub. Co., New York. 621 pages.

Bray E, 1988. Drought and ABA-Induced Changes in Polypeptide and mRNA Accumulation in Tomato Leaves. Plant Physiol, 88:1210-1214

Cooper,P.J.M.,Dimes,J.,Rao,K.P.C.,Shapiro,B.,Shiferaw,B.,& Twomlow, S. (2008). Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: An essential first step in adapting to future climate change? Agricultural, Ecosystems and Environment, 126,24–35.

Daccache, A., W. Sataya, J.W. Knox. 2015. Climate change impacts on rain-fed and irrigated rice yield in Malawi. International Journal of Agricultural Sustainability, 13:2, 87-103, DOI:10.1080/14735903.2014.945317

Doorenbos and Kassam, A.H. 1981. Yield Response to Water. 2nd Ed. FAO, Rome.

Doorenbos, J. and Pruitt. 1977. *Guidelines for predicting Crop Water Requirement*. FAO-Rome. 190 p.

Easterling, D.R., Meehl, J., Parmesan, C., Chagnon, S., Karl, T.R., Mearns, L.O., 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science 289, 2068–2074.

EEA, 2012. Water Resources in Europe in the Context of Vulnerability. EEA 2012 State of Water Assessment. EEA Report No 11/2012. European Environment Agency.

Erwiyono, R, Wibawa, Pujiyanto, 2006. Perananan Perkebunan Kopi *terhadap Kelestarian Lingkungan Produksi Kopi*. Hlm 1-10 simposium kopi 2006, Surabaya 2-3 Agustus 2006.

Evandro H.F.M. da Silva, Alexandre O. Gonçalves, Rodolfo A. Pereira, Izael M. Fattori Júnior, Luiz R. Sobenko, Fábio R. Marin, 2019. Soybean irrigation requirements canopy-atmosphere coupling in Southern Brazil. *Agricultural Water management* 218 (2019) 1-7.

Fagi, A.M. dan F. Tangkuman. 1995 Pengelolaan Air untuk Pertanaman Kedelai *dalam* Kedelai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 135-151.

Fagi, A.M. dan I. Las. 2006. Konsepsi pengendalian pencemaran lingkungan secara terpadu berbasis DAS. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian melalui Pendekatan Pengelolaan DAS Secara Terpadu. Kerjasama Lolingtan-UNS-HITI, Surakarta 28 Maret 2006. Hlm 14.

Fahrudin, L. 2004. Budidaya Kacang-kacangan. Penerbit Kanisus. Yogyakarta. 118p.

Galston, A.W., P.D. Davies, and R.L. Satter. 1980. The life of the green plant. Prentice Hall, INC, Englewood Cliffs. New Jersey. p. 138-167.

Hadad, M. E.A dan Endrizal. 1993. Sumur gali sebagai salah satu sumber air pada pengembangan pola pekarangan di Kab. Kupang, NTT. p. 129- 135. Dalam: Pawitan. et al. (Eds.). Prosiding Seminar Pengelolaan Tata Air dan Pemanfaatannya dalam Satu Kesatuan Toposekuens. Cilacap 7-8 Okt. 1993. PERHIMPI dan Badan Litbang Pertanian.

Hafez, A.A.R. 1977. Comparative changes in soil physical properties induced by all mixture of manures from domestic animals. *Soil Sci.* 118: 53-59

Harsono, A., Tohari, D. Indradewa dan T. Adisarwanto, 2003. Ketahanan dan aktifitas fisiologi beberapa genotipe kacang tanah pada cekaman kekeringan. *Ilmu Pertanian* 10 (2):51-62.

Mengel, K and E.A. Kirkby, 1978. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Switzerland. 593 p.

Hidayat, A., S. Hardjowigeno, M. Soekardi dan S. Sabihan, 2002. Peranan oksida besi terhadap sifat tanah berpelapukan lanjut. *J. Tanah dan Iklim* 20:47-55.

Hikmatullah dan A. Hidayat. 2007. Tinjauan Pemetaan Sumberdaya Tanah di Indonesia: Strategi Penyelesaian dan Alternatif Teknologinya. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 1(3):43-56.

Hillel, D. 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Press, Inc., New York. 364 pages.

Hunter, M.M., P.L.M, De Fabrum and D.E. Byth. 1980. Response of Nine Soybean Lines to Soil Moisture Condition Close to Saturation. Australia. *J. Exp. Agriculture. Anim. Husb.* 20 : 339-345.

Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F., Moneo, M., 2007. Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water Resour. Manag.* 21 (5), 227–288.

Iglesias, A., Quiroga, S., Diz, A., 2011a. Looking into the future of agriculture in a changing climate. *Eur. Rev. Agric. Econ.* 38 (3), 427–447.

Iglesias, A., Garrote, L., Diz, A., Schlickenrieder, J., Martin-Carrasco, F., 2011b. Rethinking water policy priorities in the Mediterranean Region in view of climate change. *Environ. Sci. Policy* 14, 744–757.

Iglesias, A., Mougou, R., Moneo, M., Quiroga, S., 2011c. Towards adaptation of agriculture to climate change in the Mediterranean. *Reg. Environ. Change* 11 (S1), 1–8.

Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S., Moneo, M., 2012b. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: challenges for agriculture in Europe. *Clim. Change* 112, 143–168.

Iglesias, A., Luis Garrote, 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agriculture Water Management* 155, 113-124.

Indradewa, D. 2002. Gatra Agronomis dan Fisiologis Pengaruh Genangan dalam Parit pada Tanaman Kedelai. Disertasi S-3. Ilmu Pertanian UGM. Yogyakarta. 265 hlm.

Indrawati, 1998. Pengelolaan lengas tanah dalam usahatani lahan kering. p. 179-186. Dalam: Sudaryono et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah HITI Jawa Timur Tahun 1998*.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA.2

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. IPCC, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA. Ivey, J., Smithers, J., deLoe, R., Kreutzwiser, R., 2004. *Community capacity for adap*

Irawan, B., S. Friyatno, A. Supriyatna, I.S. Anugrah, N.A. Kirom, B. Rohman, dan B. Wiryana. 2001. *Perumusan Model Kelembagaan Konversi Lahan Pertanian*. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Per- tanian.

Irawan, E. Husen, Maswar, R.L. Watung, dan F. Agus. 2004. Persepsi dan Apresiasi Masyarakat terhadap Multifungsi Pertanian: Studi Kasus di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Dalam Prosiding Seminar Multifungsi Pertanian dan Konservasi Sumberdaya Lahan*. Bogor, 18 Desember 2003 dan 7 Januari 2004. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian. Deptan.

Irawan, A.W. 2006. Budidaya Tanaman Kedelai (*Glicine Max* L). Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Jatinagor.

Irianto, Ris. 2006. *Pembangunan Kebun Rakyat Pola Agroforestri (Hutan Rakyat) Meningkatkan Pendapatan Petani Dan Berwawasan Lingkungan di Kabupaten Kespahiang*. Laporan Potensi Pengembangan Kakao di Kabupaten Kespahiang Propinsi Bengkulu.

Jenny, H. 1980. *The Soil Resource: Origin and Behavior*. Springer – Verlag, New York. 377 pages.

Kepas. 1998. *Pendekatan Agroekosistem pada Pola Pertanian Lahan Kering. Hasil Penelitian di Empat Zona Agroekosistem Jawa Timur. Kelompok Penelitian Agroekosistem*, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan The Foundation. Jakarta.

Knuti, L.L, D.L. Williams, dan J.C. Hide, 1984. *Profitable Soil Management*. Fourth edirtion. Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliftfs, New Jersey. 294 pages.

Landon, J.R. 1984. *Booker Tropical Soil Manual*. Longman, Inc., New York. 441 p.

Lawn, R.J., Troedson R. J., Garside A. L. and Syth D.E. 1984. *Soybean in Saturated Soil. A New Way to High Yield*. Abstract World Soybesn Research Conference III. IOWA State University. Ames IOWA, USA. 236 p.

Levitt, L. 1980. Responses of plants to environment stresses. Dep. of Plant Biology. Carnage Ins. of Washington Stanford, California. p. 25-210.

Ma, B. L. M. J. Morrison, and H. D. Voldeng, 1995. Leaf Greenness and Photosynthetic Rates in Soybean. *Crop Science*, Volume 35 p. 1411-1414

Magombeyi, M. S., Taigbenu, A. E., & Barron, J. (2016). Rural food insecurity and poverty mappings and their linkage with water resources in the Limpopo river basin. *Physics and Chemistry of the Earth*, 92,20–33.

Magombeyi, M.S., A. E. Taigbenu, and J. Barron, 2018. Effectiveness of agricultural water management technologies on rainfed cereals crop yield and runoff in semi-arid catchment: a meta-analysis. *International Journal Of Agricultural Sustainability*, Vol. 16, Nos. 4–5, 418–441. DOI: 10.1080/14735903.2018.1523828.

Manurung dan Yuswardi (*Eds.*): Kedelai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. Badan Litbang Pertanian.

Manwan, I., Sumarno, A.S. Karama, dan A.M. Fagi. 1990. Teknologi peningkatan produksi kedelai di Indonesia. Laporan khusus Pus/02/ 89. Puslitbangtan. Badan litbang Pertanian. Deptan. 45 p.

Martoni, A. 2007. Pengaruh Ketebalan Mulsa Jerami Padi Sebagai Pengendali Gulma Pada Pertumbuhan Dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L). Skripsi. FP-UB (unpublished)

Mengel, K and E.A. Kirkby, 1978. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Switzerland. 593 p.

Notohadinegoro, T. 2000. Diagnostik Fisik Kimia dan Hayati Kerusakan Lahan. Makalah pada Seminar Pengusutan Kriteria Kerusakan Tanah/Lahan, Asmendep I LH/Bapedal. 1-3 Juli 1999. Yogyakarta. Hlm. 54-61.

Olness, A.E., and Archer, D.W. 2005. Effect of organic carbon on available water in soil. *Soil Science*. 170(2):90-101. Morris, Minnesota </main/ site_main. htm? modecode=36-45-00-00.

Pinheiro C, Chaves MM. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connection from available data. J. Exp. Bot. 62: 869-882.

Pookpadi, A. 1994. Soybean Production Under Saturated Soil Condition in Thailand. Proceeding World Soybean Conference V. Chiang Mai. Thailand. p 383-394

Prabowo, A., I.U. Firmansyah, A. Najamuddin, B. Prastowo, dan R.H. Anasiru. 1996. Penelitian dan pemanfaatan beberapa model pompa air yang sesuai menurut sumber air. p. 755-771. Dalam: Sabran et al. (Eds.). Prosiding seminar teknologi sistem usahatani lahan rawa dan lahan kering. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.

Pratama,A.V.2011. Cekaman air pada proses tumbuh tanaman. <http://unvictor.blogspot.com/&upsize=4&upgenre=32482011&mind=3'>.

Prayoto dan Herudjito, 1989. Pengaruh beberapa soil conditioner terhadap sifat fisik tanah Podsolik dan hasil kedelai di Nanggung Jawa Barat. p. 327p324. Dalam Subandi et al. (Eds.). Pros. Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus 21-23 Agustus 1989 di Caringin Bogor. Badan Litbang Pertanian-Dirjend. Pendidikan Tinggi.

Purwowidodo. 1982. Teknologi mulsa . Dewaruci press. Jakarta. 168 p.

Rina Nuryati, Lies Sulistyowati, Iwan Setiawan, Trisna Insan Noor. Agroekosistem Lahan Kering Untuk Pengembangan Usahatani Polikultur Perkebunan Terintegrasi (Utppt). Jurnal AGRISTAN Volume 1, Nomor 2, November 2019

Riwanodja, Suhartina dan T. Adisarwanto. 2000. Pengaruh Kedalaman Drainase dan Dosis Nitrogen pada Kondisi Tanah Jenuh Air terhadap Produktivitas Kedelai di Lahan Sawah.

Makalah Balitkabi No. 2000-2001. Disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Pati, 23 November 2000.

Rodiah dan Sumarno 1993. Keragaan hasil genotipe kedelai pada keadaan tanah jenuh air. p.115-124. *Dalam* Suharsono *et al.* (Eds.). Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan, Malang.

Rosenzweig, C., Strzepek, K., Major, D., Iglesias, A., Yates, D., Holt, A., Hillel, D., 2004. Water availability for agriculture under climate change: five international studies. *Glob. Environ. Change* 14, 345–360.

Rukmana, R. dan Yuyun Yuniarsih. 1996. Kedelai, Budidaya dan Pascapanen. Kanisius

Saleh, N, T. Adisarwanto, A. Kasno dan Sudaryono. 1999. Teknologi kunci dalam pengembangan kedelai di Indonesia. p. 183-207. Dalam: A.K. Makarim et al. (Eds.). Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan. Konsep dan strategi peningkatan produksi pangan. Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Bogor 122p 24 Nov. 1999. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian.

Samosir, S.S.R. 2010. Pengelolaan Lahan Kering. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertn Universitas Hasanddin. Makassar

Soeharsono dan T. Adisarwanto 1985. Budi daya dan pola tanam kedelai pada lahan sawah. p. 121-134. *Dalam* S. Somaatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O.

Soepardi, G., 1983. Sifat dan ciri tanah. Jurusan Ilmu Tanah. Fak. Pertanian- IPB . Bogor. 591p.

Subagyo, K., U. Haryati, dan S.H. Talao'ohu. 2004. Teknologi konservasi air pada petani- an lahan kering. hlm. 151-188. Dalam Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengem- bangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Subandi, A. Harsono dan H. Kuntastuti 2007. Areal pertanaman dan sistem produksi kedelai di Indonesia. p.104-129. *Dalam* Sumarno *et al.* (Eds.): Kedelai, Teknik produksi dan pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

Subandi, Marwoto, T. Adisarwanto, Sudaryono, A. Kasno dan S. Hardaningsih 2007. Pengelolaan Tanaman Terpadu Kedelai. Badan Litbang Pertanian, Jakarta. 54 hal.

Sugito, Y. 1994. *Ekologi Tanaman*. Diktat Kuliah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. 100 hal.

Sulistiyono, B. 1994. Evaluasi pola usahatani setahun pada lahan sawah tadah hujan di Bojonegoro. Dalam: Radjid et al. (Eds.). Risalah Lokakarya Komunikasi Teknologi untuk Peningkatan Produksi Tanaman Pangan di Jawa Timur. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. p. 207-215.

Sumarno, D.M. Arsyad, dan I. Manwan 1990. Teknologi usahatani kedelai. Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 48 pl.

Sumarno dan Harnoto, 1983. Kedelai dan Cara Bercocok Tanam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Hal 1- 53.

Sumarno. 1993. Penandaan Stadia Pertumbuhan Kedelai. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Malang. p. 1-5

Sumarno 1986. Response of soybean genotypes to continuous saturated culture. Indonesian Journal of Crop Science 2(2):71-78.

Sumarno, D.M. Arsyad, dan I. Manwan 1990. Teknologi usahatani kedelai. Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 48 pl.

Supriadi, Herman dan Handewi P. Sallem, 2004. *Kondisi Sosial Ekonomi Dan Implikasi Kebijakan Terhadap Upaya Pengembangan Pertanian Di lahan Kering Marginal*.

Suryana, A,. 2008. Menggenjot Produksi Kedelai dengan Teknologi. Diskusi Panel dan Konfrensi Pers. Inovasi Teknologi Kedelai, Badan Litbang Pertanian Jakarta. 12 Pebruari 2008

Sutono, S., U. Haryati, dan K. Subagyo. 2006. Optimalisasi irigasi tanaman cabai di lahan kering. hlm. 339- 358. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, 14-15 September 2006.

Sutriisno, I., Widowati, E. H., dan Rozi, F. 2015. Optimalisasi Sistem Jabalsim dalam Memenuhi Kebutuhan Benih Kedelai. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) Malang.

Suyamto. 1991. Pengelolaan air pada kedelai di lahan tegal. p. 292-296. Laporan hasil penelitian. Proyek Penelitian Tanaman Pangan T.A 1989- 1990. Badan Litbang Pertanian. Balittan Malang.

Syahbudin, H., Y. Apriana, N. Heryani, Darmijati S, dan I. Las, 1998. Serapan hara nitrogen, fosfor, kalium tanaman kedelai (*Glycine max* L.) di rumah kaca pada tiga taraf intensitas radiasi surya dan kadar air tanah Latosol. J. Tanah dan Iklim 16:20-28.

Syamsiah, I dan A.M. Fagi. 1993. Teknologi embung. p. 1-12. Dalam: Pawitan, et al. (Eds.). Prosiding Seminar Pengelolaan Tata Air dan Pemanfaatannya dalam Satu Kesatuan Toposekuens. Cilacap 7-8 Okt. 1993. PERHIMPI dan Badan Litbang Pertanian.

Syamsiah, I. dan A.M Fagi. 1997. *Teknologi Embung. Sumberdaya Air dan Iklim dalam mewujudkan Pertanian Efisien*.

Kerjasama Departemen Pertanian dengan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI).

Taiz, L dan E. Zeiger, 2002. *Plant Physiology*. Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Massachusetts.

Tan, K.H. 1982. *Principles of Soil Chemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York. 267 p.

Tia Yuliawati, Tumiar Katarina Manik, R.A. Bustomi Rosadi. 2014. Pendugaan Kebutuhan Air Tanaman Dan Nilai Koefisien Tanaman (K_c) Kedelai (*Glycine Max* (L) Merrill) Varietas Tanggamus Dengan Metode Lysimeter Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol.3, No. 3: 233-238

Turner CN, 1986. Crop Water Deficit. A decade of Progress. Adv. In Agron, 39 : 1 – 39

Troedson, R.J., Lawn, D.E. Byth and G.L., Milson. 1983. *Saturated Soil Culture and Innovation Water Management Option for Soybean in the Tropics and Subtropics*. In : S. Shanmugasundaram and E. W. Sulzberger (Ed) Soybean in Tropical and Subtropical Cropping System. Proc. Symposium at Tsukuba. Japan. p 275-285

Zandstra, H. G., 1982. Effect of soil moisture and texture on growth of upland crops wetland rice. Inst. Los Banos. Philippines. p. 43-45.



Penulis dilahirkan di Makassar, Sulawesi Selatan sebagai anak kedua dari pasangan Almarhum Muchdar Ahmad dan Hj. Sy.Aisyah Sadiq. Penulis menikah pada tahun 1995 dengan Ir. Salim Abdurahman, MM dan dikaruniai empat orang putra, Muhammad Fadel; Muhammad Fahmi; Ahmad Salim dan Abdurahman Salim. Penulis menempuh pendidikan S1 pada Fakultas Pertanian UMI tahun 1988 dan lulus tahun 1992, selanjutnya menempuh Program Magister di Universitas Brawijaya Malang tahun dan lulus tahun 2004 dan selanjutnya menempuh program Doctoral pada Universitas Hasanuddin tahun 2012 dan lulus tahun 2016.

Beberapa kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan oleh penulis dengan biayad ari DRPM Riste kDikti, antara lain : Tanggap Kultivar Kedelai (*Glycine max* L) pada Tingkat Kandungan Air Tanah yang Berbeda(2006); Respon Beberapa KultivarTanaman Kacang Hijau pada Kondis iKekeurangan Air (2010); Upaya Peningkatan Ketahanan Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* L) terhadap Kekeringan Melalui Rekayasa Fisiologis (2012/DIKTI); Peningkatan Keragaman Genetik Kedelai Biji Besar, Umur Genjah dan Toleran terhadap kekeringan melalui Irradiasi Sinar Gamma (2014-2015/DIKTI); Strategi pengelolaan tanaman kedelai di Sulawesi Selatan dalam menghadapi iklim ekstrim dengan menggunakan cropsyst model (2016-2017/DIKTI). Efektivitas pengelolaan air terhadap pengawetan lengas tanah pada kacang kedelai di lahan kering dalam mendukung kemandirian pangan (2019-2020), Efektivitas Metode Irigasi dan Waktu Pemberian Air dalam Mempertahankan Kelengasan Tanah Guna Meningkatkan Produksi T a n a m a n K e d e l a i (2 0 2 0 / L I T B A N G P e r t a n i a n) .

Selain kegiatan penelitian penulis juga aktif membuat tulisan ilmiah pada prosiding dan jurnal Internasional, antara lain : (1) Strategy of Soybean Management (*Glycine max* L.) to Cope with Extreme Climate Using CropSyst® Model. AGRIVITA Journal of Agricultural Science. Scopus (Q3); (2) Effectiveness of Water Management Towards Soil Moisture Preservation on Soybean. International Journal of Agronomi (Q2). (3). Increasing Soybean (*Glycine max* L) Drought Resistance With Osmolit.Vol. 7, No. 9; 2013. Published by Canadian Center of Scienceand Education (Q2) and Drought Levels of Saveral Soybean's Variety (*Glycine max* L). Scopus Indexed Proceeding Publishing (IOP/Q3). Penulis juga aktif sebagai presenter baik pada seminar internasional maupun seminar nasional, antara lain; seminar internasional di Los Angeles (28-30 Oktober 2017) Seminar Internasional "International Conference Agriuculture and Animal Science (ICAAS) Los Angeles". Seminar Internasional "International Conference on Agriculture, Biology and Environmental Sciences (10-11 Oktober 2016/ Osaka-Jepang). Seminar nasional antara lain; Seminar dan Lokakarya Perhimpunan Agroteknologi Indonesia (PAGI) (21-22 Juli 2016 di Universitas Sebelas Maret Solo), Seminar Nasional Dan Focus Group Discussion. Pendidikan dan Riset Agroteknologi (3-4 September 2015/Universitas Padjajaran Bandung), Seminar dan Lokakarya Nasional Perhimpunan Agroteknologi/Agroeko teknologi Indonesia (15-16 September 2019/Universitas Andalas Padang).



Penerbit
Pusaka Almaida

**PENERBIT PUSAKA
ALMAIDA**

