

FAKTOR IKLIM DAN HIDROLOGI UNTUK TANAMAN KEDELAI

Popi Rejekiningrum dan Haris Syahbuddin

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

RINGKASAN

Faktor iklim dan hidrologi yang dominan memengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai didasarkan pada berbagai hasil penelitian agroklimat dan hidrologi tanaman kedelai yang telah dilakukan di Indonesia dan beberapa hasil penelitian mancanegara. Hasil-hasil penelitian yang dikumpulkan lebih ditekankan pada penelitian yang dilakukan di Indonesia karena kedelai merupakan tanaman berumur pendek, yang tidak akan berbunga apabila lama penyinaran melebihi 12 jam. Introduksi varietas unggul dari daerah temperate tidak cocok ditanam di Indonesia, karena tanaman kedelai akan tumbuh kerdil, cepat berbunga, dan hasilnya rendah. Berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa faktor iklim yang berpengaruh dominan dan bersifat langsung terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai adalah curah hujan (ketersediaan air tanah), radiasi matahari (lama dan intensitas penyinaran) dan suhu, sedangkan faktor hidrologi yang berpengaruh dominan adalah ketersediaan air dan tinggi muka air.

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine Max L. Merrill*) merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, berdaun lebat, dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman berkisar antara 10 cm sampai dengan 20 cm, bercabang sedikit atau banyak bergantung pada kultivar dan lingkungan hidupnya (Hidajat, 1985). Selain media tanam dan ketinggian tempat, faktor penting lainnya untuk pertumbuhan tanaman kedelai adalah iklim. Menurut Nuryadi (2010) optimalisasi produksi komoditas tanaman kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim. Kedelai merupakan tanaman daerah sub tropis yang dapat beradaptasi dengan baik di daerah tropis dan dapat tumbuh baik di antara garis lintang 0°–52°.

Beberapa faktor iklim yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai adalah curah hujan, suhu, lama dan intensitas sinar matahari (panjang hari). Kemampuan adaptasi kedelai terhadap keragaman faktor iklim tersebut sebenarnya sangat besar, namun "kondisi iklim" yang sesuai perlu diidentifikasi.

Kedelai termasuk tanaman golongan strata A, yang memerlukan penyinaran matahari secara penuh, tidak memerlukan naungan. Adanya naungan yang menahan sinar matahari hingga 20% pada umumnya masih dapat ditoleransi oleh tanaman kedelai, tetapi apabila melebihi 20% tanaman mengalami etiolasi. Intensitas penyinaran hanya 50% dari total radiasi normal dilaporkan menekan pertumbuhan, mengurangi jumlah cabang, buku, dan polong, yang berakibat turunnya hasil biji hingga 60%. Umumnya persyaratan panjang hari untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 11-16 jam, dan panjang hari optimal untuk memperoleh produktivitas tinggi adalah panjang hari 14-15 jam. Di Indonesia panjang hari pada dataran rendah (1-500 m dpl), dataran sedang (501-900 m dpl), dan dataran tinggi (901-1600 m dpl) relatif konstan dan sama, sekitar 12 jam (Sumarno dan Manshuri, 2007).

Pertumbuhan kedelai optimum tercapai pada suhu 27°-30°C. Suhu 20°-30°C adalah suhu yang sesuai bagi sebagian besar proses pertumbuhan tanaman, tetapi dapat menunda proses perkecambahan benih dan pemunculan kecambah, serta pembungaan dan pertumbuhan biji. Pada suhu yang lebih tinggi dari 30°C, fotorespirasi cenderung mengurangi hasil fotosintesis (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

Kelembapan udara (RH) yang optimal bagi tanaman kedelai berkisar antara 75%-90% selama periode tanaman tumbuh hingga stadia pengisian polong dan kelembapan udara rendah (RH 60%-75%) pada waktu pematangan polong hingga panen. Suhu udara yang relatif rendah (20°-22°C) dan udara kering pada saat panen sangat ideal bagi pelaksanaan panen sehingga biji kedelai bermutu tinggi (Sumarno dan Manshuri, 2007).

Secara umum kebutuhan air untuk tanaman kedelai, dengan umur panen 100-190 hari, berkisar antara 450-825 mm, atau rata-rata 4,5 mm per hari. Kebutuhan air tanaman kedelai yang dipanen pada umur 80-90 hari berkisar antara 360-405 mm, setara dengan curah hujan 120-135 mm per bulan. Jumlah air yang dibutuhkan sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanah menyimpan air, besar penguapan, dan kedalaman lapisan olah tanah (Van Doren dan Reicosky, 1987).

Pada umumnya indeks penanaman (IP) di lahan pasang surut masih rendah hanya satu kali tanam setiap tahun untuk padi sawah yang ditanam antara bulan Nopember-Maret. Jika di lahan pasang surut dikembangkan

tanaman kedelai, maka terdapat peluang untuk meningkatkan IP menjadi padi-kedelai atau padi-kedelai-jagung (Ghulamahdi, 2014).

Produktivitas kedelai di lahan pasang surut relatif masih rendah. Varietas Wilis yang umum ditanam petani di lahan pasang surut mempunyai potensi hasil antara 1–1.5 t/ha. Rata-rata hasil ditingkat petani lebih rendah lagi yaitu 0.75 t/ha (Ramli *et al.*, 1992). Rendahnya hasil ditingkat petani karena teknologi yang digunakan masih sederhana (Sabran *et al.*, 2000). Oleh karena itu, upaya pengembangan kedelai di lahan pasang surut perlu didukung dengan pemanfaatan teknologi.

PENGARUH FAKTOR IKLIM

Curah Hujan

Curah hujan berpengaruh pada ketersediaan air tanah yang pada gilirannya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Doorenbos dan Kassam (1979) menyatakan bahwa kebutuhan air untuk tanaman kedelai sekitar 318,93 mm selama pertumbuhannya, yang dibagi ke dalam kebutuhan selama pertumbuhan vegetatif (sampai umur 35 hari) sekitar 125,97 mm dan selama pertumbuhan generatif (pada umur 35 sampai 85 hari) sekitar 192,96 mm. Penelitian di Boawae-Flores menemukan bahwa selama fase vegetatif faktor yang berpengaruh adalah karakteristik hujan berupa tinggi rendah intensitas hujan dan kejadian hujan. Sedangkan selama fase generatif peningkatan deret hari kering maksimum akan berpengaruh terhadap penurunan hasil. Selama pertumbuhan kedelai varietas Wilis dan Malabar, ditentukan oleh karakteristik hujan yang terjadi selama fase vegetative (Guntoro, 1998).

Kedelai sangat peka terhadap cekaman kekeringan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil. Harnowo (1992) menyatakan bahwa cekaman kekeringan pada fase reproduktif menghambat distribusi asimilat ke bagian reproduktif, menurunkan jumlah polong, biji dan bobot biji per tanaman. Cekaman kekeringan juga berpengaruh terhadap penurunan persentase akar aktif, berat kering tanaman, jumlah daun dan polong, serta tinggi tanaman. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa cekaman kekeringan akan menurunkan luas daun, mempercepat penuaan daun, menurunkan jumlah polong per hektar dan hasil biji. Pengelolaan air pada tanaman kedelai sangat penting terutama untuk menjaga ketersediaan air dalam tanah yang sangat mempengaruhi masa perkecambahan, pertumbuhan vegetatif, dan pengisian polong.

Kehilangan hasil pada tanaman kedelai akibat cekaman kekeringan berkisar 25–40%, tergantung fase pertumbuhan yang tergantung cekaman, varietas, lokasi dan musim. Stadia kecambah, pembentukan polong dan

pengisian biji merupakan stadia kritis kedelai terhadap cekaman kekeringan. Kehilangan hasil terbesar pada kedelai terhadap kekeringan jika terjadi pada minggu terakhir perkembangan polong dan pengisian biji (Runge *et al.*, 1960 dalam Kasno dan Yusuf, 1994).

Adapun pengaruh cekaman kekeringan selama periode berbunga lebih kecil dibanding pengaruh cekaman kekeringan pada pembentukan polong dan pengisian biji. Pengaruh cekaman kekeringan selama fase vegetatif dan pemasakan lebih kecil dibanding pada fase pembungaan yang ditunjukkan oleh faktor kerentanan sebesar 0,35 untuk fase pembungaan, 0,25 untuk fase vegetative, dan 0,19 untuk fase pemasakan (Suharto, 1986). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa cekaman kekeringan selama fase pertumbuhan vegetatif dan pemasakan lebih kecil dari fase berbunga dan pengisian polong. Faktor kerentanan pada fase vegetatif, pembungaan, pengisian polong, dan pemasakan polong berturut turut 0.39, 0.54, 0.67, dan 0.14 (Wirosoedarmo dan Hardjoamidjojo, 1988). Cekaman kekeringan pada periode berbunga dan pembentukan polong menyebabkan bunga dan polong gugur, sedangkan cekaman kekeringan selama pengisian biji akan menghasilkan biji berukuran kecil yang berakibat mutu biji dan daya kecambah dapat berkurang hingga 15% (Smicklas *et al.*, 1992 dalam Kasno dan Yusuf, 1994).

Periode kritis pertumbuhan kedelai varietas Orba dan Lubuk Pakam adalah umur 30–60 hari, dan periode paling kritis 40-50 hari yaitu saat periode pembungaan, pembentukan polong, dan pengisian polong. Pada saat periode kritis, tanaman sangat memerlukan air. Kekeringan menyebabkan umur berbunga terlambat 1–2 hari, tinggi tanaman berkurang 4–5 cm, umur panen lebih cepat 1–2 hari dan produksi biji berkurang rata-rata 63% atau dari 0,5 ton/ha menjadi 0,2 ton/ha.

Selain kekeringan, kandungan air tanah yang tinggi dapat menyebabkan turunnya produksi tanaman. Hasil penelitian Tampubolon *et al.* (1989) menunjukkan bahwa penggenangan yang dilakukan pada periode pembungaan sampai pengisian polong menyebabkan penurunan hasil sebesar 51%. Hal ini disebabkan terbentuknya akar adventif yang sensitif kekeringan, akibatnya fase pematangan biji diperpendek dan panen dipercepat sehingga biji yang terbentuk kurang sempurna dan berukuran kecil. Selanjutnya hasil penelitian Hutami dan Pasaribu (1989) menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan air tanah sampai 90% pada fase pembungaan sangat memengaruhi tinggi tanaman. Namun setelah tanaman berbunga (fase reproduktif) peningkatan kelembapan tanah tidak berpengaruh terhadap akumulasi bahan kering tajuk. Hasil penelitian Herawati (1994), Mar'ah (1996), dan Masyhudi *et al.* (1989) menunjukkan bahwa ketersediaan air dalam tanah mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan produksi kedelai. Pertumbuhan bagian-

bagian vegetatif (akar, batang dan daun) dan bagian reproduktif (polong dan biji) mengalami penurunan akibat kekurangan air tersedia dalam tanah.

Menurut Boer (1999) bahwa ketersediaan air yang cukup selama fase vegetatif aktif sangat menentukan produksi akhir kedelai. Produksi yang lebih tinggi akan diperoleh apabila cekaman air tidak terjadi pada fase pembungaan dan pembentukan polong, walaupun fase pengisian biji dan pemasakan tanaman tidak mendapatkan air. Namun pemberian air yang cukup hanya pada fase pembentukan polong tidak dapat memulihkan tanaman yang sudah mengalami kekeringan pada fase vegetatif akhir. Tanaman akan berproduksi sangat rendah apabila mengalami kekurangan air pada fase vegetatif (kecambah sampai pembentukan polong). Oleh karena itu waktu tanam harus diperhitungkan agar fase pertumbuhan sampai pembungaan masih mendapat hujan yang cukup.

Suhu Udara dan Suhu Tanah

Suhu udara merupakan faktor dominan yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman di daerah tropis. Selain itu suhu dan kelembapan juga merupakan faktor penting untuk perkecambahan dan pertumbuhan bakteri *Rhizobium japonicum* yang dibutuhkan kedelai untuk mengikat nitrogen dari udara.

Suhu optimum untuk perkecambahan biji kedelai adalah 27°–30°C dan mudah menurun daya kecambahnya bila disimpan pada suhu di atas 25°C. Batas suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri pembentuk bintil akar yang akan mengikat nitrogen dari udara yang selanjutnya digunakan untuk pertumbuhan kedelai adalah 18°–20°C. Hasil penelitian Gibson dan Mullen (1996) menunjukkan bahwa interaksi yang penting antara suhu siang dan suhu malam berpengaruh terhadap komponen hasil kedelai terutama sejak fase pembungaan sampai pengisian polong. Selanjutnya Nazar *et al.* (2008) menyatakan bahwa suhu udara yang optimum untuk budi daya kedelai adalah 23°–30°C. Suhu udara berpengaruh terhadap perkembangan dan hasil kedelai. Menurut Baharsjah *et al.* (1985) perkecambahan normal kedelai terjadi pada suhu 20° dan 30°C. Suhu di atas 40°C tidak memungkinkan benih tumbuh, dan pada suhu di bawah 20°C menurunkan pemanjangan hipokotil. Pada fase vegetatif suhu 38,8°C merupakan suhu kritis yang dapat menyebabkan kegagalan. Namun demikian pada suhu 24,5°C dan 37,1°C dapat menyebabkan tertundanya saat pemunculan kotiledon. Suhu optimum bagi pertumbuhan kedelai 31°–36°C, namun laju pertumbuhan tercepat terjadi pada suhu 28,5°C dan 30,9°C.

Baharsjah *et al.* (1985) juga menyatakan bahwa proses pembungaan berkisar pada suhu 26°–32°C. Suhu yang rendah selama proses pembungaan

berakibat kurang baik terhadap kualitas kedelai dan kematangan biji yang dihasilkan. Kerusakan sering terjadi pada tanaman yang mengalami suhu rendah sampai 15°C (siang atau malam) selama 2–3 minggu pada saat mulai stadia pembungaan atau satu minggu setelahnya.

Suhu udara berhubungan dengan ketinggian tempat. Suhu udara akan menurun dengan semakin tingginya tempat dari permukaan laut. Menurut Guntoro (1998) semakin tinggi tempat akan mengurangi komponen hasil kedelai (jumlah dan bobot biji) karena radiasi sinar matahari yang rendah, akibat menurunnya proses fotosintesis. Berdasarkan ketinggian tempat, umur berbunga kedelai yang ditanam pada dataran tinggi mundur 2–3 hari dibandingkan kedelai yang ditanam di dataran rendah (Adisarwanto, 2007).

Suhu tanah di sekitar perakaran tanaman berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, jumlah dan bobot kering bintil akar kedelai serta efektivitas rhizobium menambat N dari atmosfer. Suhu optimum di sekitar perakaran tanaman untuk pertumbuhan kedelai dan nodulasi oleh rhizobium adalah 25°C . Di daerah tropis, termasuk Indonesia, suhu tanah berkisar $25^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{C}$. Suhu perakaran yang lebih tinggi dari 28°C dilaporkan menurunkan nodulasi oleh rhizobium dan efektivitas enzim nitrogenase dalam menambat N maupun pertumbuhan kedelai (Monevar and Wollum II 1981, dalam Muchdar, 2007).

Suhu tanah yang optimal untuk proses perkecambahan benih yaitu 30°C , pada suhu tanah yang rendah ($<15^{\circ}\text{C}$), proses perkecambahan menjadi sangat lambat, bisa mencapai 2 minggu. Hal ini dikarenakan perkecambahan biji tertekan pada kondisi kelembapan tanah tinggi. Sementara pada suhu tinggi ($>30^{\circ}\text{C}$), banyak biji yang mati akibat respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat (Adisarwanto, 2007).

Interaksi antara suhu-intensitas radiasi matahari-kelembapan tanah sangat menentukan laju pertumbuhan kedelai. Suhu tinggi berasosiasi dengan transpirasi yang tinggi, defisit tegangan uap air yang tinggi, dan cekaman kekeringan pada tanaman. Suhu di dalam tanah dan atmosfer berpengaruh terhadap pertumbuhan Rhizobium dan akar kedelai. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara $22^{\circ}\text{--}27^{\circ}\text{C}$ (Sumarno dan Manshuri, 2007).

Pengaruh suhu dalam jangka waktu beberapa jam atau beberapa hari terhadap pertumbuhan vegetatif bersifat permanen (*irreversible*). Akan tetapi terhadap proses fisiologis (fotosintesis dan respirasi) pengaruh suhu selama beberapa menit atau beberapa jam tidak menimbulkan pengaruh yang permanen. Perubahan suhu sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan tanaman terutama melalui proses partisionasi (perombakan) fotosintat antara organ tubuh (Adisarwanto, 2007; Sumarno dan Manshuri, 2007).

Radiasi Matahari

Kedelai adalah tanaman yang responsif terhadap cahaya. Energi radiasi matahari (radiasi surya) merupakan unsur yang penting dalam proses fotosintesis, fotomorfogenesis, fotorespirasi, perpanjangan sel, dan pematangan biji. Penurunan radiasi surya pada stadia pertumbuhan tertentu akan memengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai. Hasil penelitian Baharsjah *et al.* (1985) menunjukkan bahwa kedelai yang ditanam pada musim kemarau dengan radiasi 345 cal/cm^2 dan lama penyinaran 6,4 jam mempunyai produksi lebih tinggi dibanding pada musim hujan dengan radiasi 270 cal/cm^2 dan lama penyinaran 2.7 jam.

Penelitian Boer (1994) menunjukkan bahwa tingkat naungan 35% dengan rata-rata radiasi 225 Ly/hari tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai, tetapi naungan dengan tingkat 50% dan 60% menurunkan hasil biji masing-masing sebesar 36% dan 55%. Naungan pada kedelai berpengaruh terhadap pembentukan polong, laju fotosintesis, gugur bunga, polong hampa dan indeks biji. Naungan dapat memperpanjang masa vegetatif, menghambat pembentukan dan pengisian biji. Menurut Adisarwanto dan Widiyanto (1999) naungan berpengaruh terhadap kekokohan batang karena garis tengah batang lebih kecil sehingga tanaman menjadi mudah rebah. Naungan tidak berpengaruh terhadap tanaman yang toleran karena lebih efisien dalam pemanfaatan cahaya sehingga tidak terjadi etiolasi dan kerebahan (Asadi *et al.*, 1991). Widiastuti *et al.* (2004) menyatakan bahwa naungan pada berbagai stadia pertumbuhan berpengaruh nyata terhadap jumlah bunga per tanaman, jumlah polong per tanaman, berat biji, dan produksi biji kering pada berbagai macam varietas kedelai. Naungan 20% memberikan hasil yang lebih baik apabila diaplikasikan pada awal pengisian polong dibandingkan dengan awal tanam atau awal berbunga.

Masa kritis tanaman terhadap radiasi terjadi pada fase generatif yang berkontribusi tinggi terhadap hasil. Board dan Harville (1973) menyatakan bahwa masa kritis tanaman terhadap radiasi terjadi pada fase pembungaan sampai pengisian polong, sedangkan radiasi pada fase pengisian biji sampai pematangan hampir tidak berpengaruh terhadap hasil tanaman. Selanjutnya Darmijati (1992) menyatakan bahwa penurunan radiasi pada fase generatif dapat mengurangi kemampuan pengisian polong dan biji. Hasil penelitian Syahbuddin dan Las (2002) pada bulan September sampai Desember menunjukkan bahwa perlakuan tanpa naungan dengan tingkat ketersediaan air 50% memberikan hasil polong tertinggi.

Kedelai sangat peka terhadap perubahan panjang hari atau lama penyinaran karena termasuk tanaman *hari pendek*, artinya tidak akan berbunga bila panjang hari melebihi batas kritis, yaitu 15 jam perhari. Oleh

karena itu varietas dari daerah subtropik yang mempunyai panjang hari 14–16 jam apabila ditanam di daerah tropis (rata-rata panjang hari 12 jam) akan mengalami penurunan produksi karena masa berbunganya menjadi lebih pendek, yaitu dari umur 50–60 hari menjadi 35–40 hari setelah tanam. Selain itu batang dan ukuran buku subur menjadi lebih pendek. Hal ini juga terjadi pada tanaman yang ditanam di dataran rendah (<20 m dpl) dan dataran tinggi (>1000 m dpl). Umur berbunga kedelai yang ditanam di dataran tinggi mundur sekitar 2–3 hari dibandingkan di dataran rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa naungan yang tidak melebihi 30% tidak berpengaruh negatif terhadap penerimaan sinar matahari pada tanaman kedelai (Adisarwanto, 2007).

Menurut Kantolic dan Slafer (2007) fotoperiodesitas 15,3 jam dapat meningkatkan bobot benih menjadi 181 mg dari 164,8 mg pada pencahayaan 12 jam. Golunggu *et al.* (2007) menyatakan bahwa auksin dengan konsentrasi 150 ppm meningkatkan bobot 100 benih dari 15,2 g menjadi 17,0 g dan juga meningkatkan resistensi kedelai terhadap stress. Hartawan *et al.* (2011) menyatakan bahwa kombinasi fotoperiodesitas selama 14 jam 54 menit, 150 ppm IAA, dan 120 kg P_2O_5 /ha dapat meningkatkan produksi, bobot 1.000 biji, dan persentase protein benih. Selain itu juga mampu mempertahankan daya kecambah sebesar 90% dan kecepatan berkecambah 31,12% KN/etmal setelah benih kedelai disimpan 90 hari pada suhu kamar.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan, secara skematis tingkat sensitivitas kedelai terhadap keragaman faktor iklim berdasarkan fase pertumbuhan disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Sensitivitas tanaman kedelai terhadap faktor iklim

Faktor iklim	VE	Fase vegetatif				Fase generatif			
		VC	V1	V2	V3	R1	R3	R5	R8
Hujan/engas tanah									
Radiasi matahari									
Suhu									
Kelembapan									

Keterangan:

 Kurang penting
  Cukup penting
  Penting
  Sangat penting

VE: Stadium kecambah awal; VC: Stadium kecambah akhir; V1: Stadium vegetatif 1; V2: Stadium vegetatif 2; V3: Stadium vegetatif 3; R1: Stadium reproduktif awal; R3: Stadium reproduktif; R5: Stadium pembentukan Polong; R8: Senesens

PENGARUH FAKTOR HIDROLOGI

Evapotranspirasi

Tingkat evaporasi yang tinggi dan karakteristik hujan di daerah tropis merupakan masalah utama bagi pertumbuhan kedelai. Sebagian air yang disimpan di dalam tanah saat hujan menguap (evaporasi) dan sebagian lagi tersedia untuk tanaman. Sebagian besar dari air masuk ke tanaman melalui akar menguap melalui daun dan batang (transpirasi), dan hanya sebagian kecil saja yang digunakan untuk metabolisme tanaman.

Kombinasi evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi dari tanaman disebut evapotranspirasi. Evapotranspirasi menunjukkan aliran balik air dari bumi ke atmosfer dan sebaliknya terjadi curah hujan. Evaporasi merupakan proses fisika yang penentuan nilainya menyangkut semua parameter fisik seperti suhu udara, kelembapan, radiasi, air, dan komponen tanah (Wallace, 1996).

Kelembapan dan kekeringan pada suatu daerah karena kehilangan air akibat transpirasi dan evaporasi tidak konstan sepanjang tahun. Kelembapan dan kekeringan hanya dapat ditunjukkan dengan membandingkan distribusi curah hujan sepanjang tahun dengan evapotranspirasi musiman sebagai proses penerimaan dan pelepasan air. Evapotranspirasi aktual dari pertanaman tergantung pada iklim yang juga dihubungkan dengan jenis tanaman dan faktor-faktor tanah, antara lain tipe dan stadium pertumbuhan tanaman, pengolahan tanah, jenis tanah, dan kandungan air tanah.

Evaporasi potensial lebih konstan dari tahun ke tahun dibandingkan dengan curah hujan, namun awal jatuhnya curah hujan pada daerah yang sering mengalami kekurangan air mempunyai arti yang sangat penting, kondisi ini berhubungan dengan persiapan persemaian, perkecambahan dan awal pertumbuhan tanaman yang sangat tergantung pada jumlah, frekuensi dan distribusi curah hujan awal tersebut. Awal periode pertumbuhan dimulai saat curah hujan sama dengan setengah dari evapotranspirasi potensial. Keadaan ini juga menunjukkan bahwa jumlah air yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan awal tanaman jauh di bawah tingkat evapotranspirasi potensialnya (Oldeman dan Frere, 1982). Evapotranspirasi di lahan rawa pada umumnya cukup tinggi, pada tanaman padi mencapai 1.530 mm. Evaporasi saja rata-rata 3,7–4,9 mm/hari atau 1.493 mm/tahun (Noor, 2004)

Dinamika curah hujan dan evaporasi dinyatakan dalam persamaan keseimbangan air (*water balance*). Menurut Thornthwaite dan Mather (1957), persamaan keseimbangan air hanya menggunakan input curah hujan. Besarnya kadar air tanah pada tanaman tertentu dapat dihitung dengan metode aliran masuk dan keluar air serta kapasitas cadangan air tanah.

Keberhasilan usaha tani sangat ditentukan oleh perimbangan antara jumlah air yang tersedia dengan jumlah air yang dibutuhkan tanaman selama masa pertumbuhannya. Jumlah air yang tersedia ditentukan oleh tingginya curah hujan, sedangkan jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman dapat diketahui dari evapotranspirasi (Heryani *et al.*, 2000).

Jumlah air yang tersedia dan jumlah air yang dibutuhkan akan mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu sehingga pada suatu periode tertentu tanaman dapat mengalami kelebihan ataupun kekurangan air. Informasi ini sangat membantu dalam penyusunan perencanaan usaha tani.

Dalam perhitungan neraca air tanah diperlukan data suhu udara untuk menentukan besar kecilnya evapotranspirasi (ET_o). Apabila curah hujan melebihi evaporasi potensial, maka cadangan kelembapan air tanah terisi. Pada kapasitas lapang (nilainya bervariasi tergantung karakteristik tanah dan perakaran), curah hujan disebut *surplus*. Apabila curah hujan lebih rendah dari kebutuhan evaporasi, maka cadangan air dalam tanah dapat digunakan. Pada kondisi di bawah titik layu permanen, air tidak tersedia bagi tanaman.

Dalam siklus hidrologi, jumlah air dalam luasan tertentu dipengaruhi oleh masuk dan keluarnya air. Dalam perhitungan digunakan satuan tinggi air (mm atau cm) dan satuan waktu (harian, mingguan, dasarian, bulanan atau tahunan) (Nuryadi, 2010).

Tinggi Muka Air

Budi daya kedelai memerlukan pengairan agar kondisi tanah tetap lembap saat tanam sampai pengisian polong. Pengairan dengan penggenangan diperlukan seminggu sekali dan dikeringkan pada saat menjelang panen.

Budi daya jenuh air adalah teknologi penggunaan air irigasi secara terus-menerus dengan mempertahankan tinggi muka air pada batas minimal 40 cm di bawah permukaan tanah.

Menurut Sumarno (1986), kedelai dapat dibudi dayakan secara kultur basah dan kering. Kultur basah yaitu air diberikan terus-menerus sejak umur 2 mst sampai masak fisiologis, sedangkan kultur kering air diberikan bila diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan, rata-rata hasil kedelai dari kultur basah lebih besar dibanding kultur kering. Varietas wilis, B-3043 dan B-7207-1, lebih responsif terhadap kultur basah dibandingkan dengan kerinci dan merbabu.

Hasil penelitian kultur basah di lahan rawa pasang surut Banyu Urip, Kabupaten Banyuasin (Sumsel) menunjukkan pengaruh interaksi antara varietas dan kedalaman air terhadap pertumbuhan dan hasil. Nilai dari seluruh variabel pertumbuhan (jumlah daun, cabang, polong dan hasil) pada kultur

basah lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penyiraman, tetapi respon varietas terhadap budi daya jenuh air berbeda. Hasil tertinggi dicapai varietas tanggamus pada kedalaman air -40 cm sebesar 4,83 ton/ha, tetapi nilai tersebut tidak berbeda secara signifikan dari yang di kedalaman air -20 cm (4,63 ton/ha) dan -30 cm (4,71 ton/ha). Namun secara teknis dan ekonomis, penanaman pada kedalaman air -20 cm yang paling sesuai (Ghulamahdi *et al.*, 2009).

Neraca Air

Evapotranspirasi dan curah hujan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Evapotranspirasi aktual tergantung pada iklim dan berhubungan dengan jenis tanaman dan faktor tanah: tipe dan fase pertumbuhan, pengolahan tanah, jenis tanah, dan kadar air tanah.

Kapasitas lapang adalah batas atas ketersediaan air yang dicapai setelah air berhenti mengalir ke bawah pada keadaan jenuh air, sedang titik layu permanen dinyatakan sebagai kadar air tanah pada saat tanaman mengalami layu permanen (Soepardi, 1983). Kemampuan tanah memegang air (*water holding capacity*) ditentukan oleh tekstur dan struktur tanah (Murdiyarso, 1980).

Infiltrasi dan perkolasi dapat ditingkatkan dengan mengurangi limpasan permukaan (*run off*). Limpasan permukaan dapat ditekan dengan cara membuat terasering, membuat guludan, dan menanam tanaman penutup tanah. Kegiatan yang dapat memengaruhi infiltrasi antara lain: pengolahan tanah yang dalam, menambah bahan organik, dan penggunaan mulsa. Memperkecil kehilangan air karena perkolasi dapat dilakukan dengan cara meningkatkan kapasitas pegang tanah pada tanah-tanah ringan dengan menambahkan liat atau bahan organik.

Neraca air penting diketahui dalam budi daya tanaman yang menggambarkan kondisi kelebihan (surplus) atau kekurangan air (defisit) bagi tanaman. Jumlah air yang dibutuhkan atau digunakan tanaman tergantung faktor lingkungan (iklim dan tanah) dan tanamannya sendiri (jenis, pertumbuhan dan perkembangan). Dinamika ketersediaan air tanah dari waktu ke waktu dapat diketahui dengan menggunakan metode neraca air. Dalam neraca air asumsi yang digunakan adalah curah hujan yang disebut hujan efektif, yaitu hujan yang mengalami infiltrasi ke dalam tanah tanpa limpasan permukaan dan hujan berlebihan (*excess rainfall*) yaitu bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung ke sungai. Hujan efektif adalah sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air atau abstraksi yang meliputi air yang hilang karena terinfiltrasi, tertahan dalam cekungan-cekungan di permukaan tanah (*depression storage*) dan akibat adanya penguapan. *Surplus*

hanya terjadi apabila kapasitas lapang tanah telah tercapai atau *defisit* terjadi apabila kapasitas lapang tanah belum tercapai (Widiyanto, 1981).

Pemberian air setara 50 mm/bulan terhadap varietas orba mempercepat umur panen masing-masing enam hari pada musim kemarau dan empat hari pada musim hujan, sedangkan pemberian air setara 25 mm/bulan selama stadia pengisian polong mempercepat umur panen masing-masing tiga hari pada musim kemarau dan tujuh hari pada musim hujan. Varietas lawit dan menyapa dapat direkomendasikan untuk di tanam di lahan sawah dan pasang surut. Kedua varietas ini dapat ditanam pada lahan rawa pasang surut tipe luapan B dan C baik musim hujan maupun kemarau. Pada musim hujan untuk lahan dengan tipe luapan B perlu dibuat guludan untuk menghindari genangan air pada saat pasang (Kuswantoro, 2010).

Secara skematis tingkat sensitivitas kedelai terhadap keragaman faktor hidrologi berdasarkan fase pertumbuhan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Sensitivitas tanaman kedelai terhadap faktor hidrologi

Faktor hidrologi	VE	Fase vegetatif				Fase generatif			
		VC	V1	V2	V3	R1	R3	R5	R8
Evapotranspirasi									
Tinggi Muka Air									
Ketersediaan dan Kebutuhan Air									

Keterangan :  kurang penting;  cukup penting;  penting;  sangat penting

VE : Stadium kecambah awal; VC : Stadium kecambah akhir; V1 : Stadium vegetatif 1; V2: Stadium vegetatif 2; V3: Stadium vegetatif 3; R1 : Stadium reproduktif awal; R3 : Stadium reproduktif; R5: Stadium pembentukan polong; R8: Senescens

KESIMPULAN

Faktor iklim dominan yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan rawa pasang surut adalah curah hujan, radiasi matahari, kelembapan dan suhu. Faktor iklim ini mempengaruhi pertumbuhan fase generatif terutama saat mulai berbunga sampai pembentukan polong. Faktor hidrologi dominan yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan rawa pasang surut adalah neraca air dan tinggi muka air. Jumlah air yang dibutuhkan oleh kedelai tergantung pada kondisi iklim, sistem pengelolaan tanaman, dan lama periode tumbuh. Kebutuhan air semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Kebutuhan air tertinggi terjadi pada saat masa berbunga dan pengisian polong.

Kondisi kekeringan menjadi sangat kritis pada saat stadia perkecambahan dan pembentukan polong. Untuk mengantisipasi kekeringan dapat dilakukan pemilihan waktu tanam yang tepat, yaitu saat kelembapan tanah sudah memadai untuk perkecambahan dan berdasarkan pada pola distribusi curah hujan yang terjadi di daerah tersebut. Penentuan waktu tanam yang tepat dapat dilakukan dengan menggunakan indikator indeks kecukupan air yang merupakan nisbah evapotranspirasi aktual dengan transpirasi tanaman. Budi daya kedelai di lahan rawa pasang surut memerlukan kedalaman air tanah -20 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. 2007. Kedelai. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Adisarwanto, T dan Widiyanto. 1999. Meningkatkan Hasil Pangan Kedelai di Lahan Sawah-Kering-Pasang Surut. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Asadi, Dimiarti, Arsyad. 1991. Adaptasi varietas kedelai pada pertanaman tumpang sari dan naungan buatan. Seminar hasil penelitian tanaman pangan, Bogor.
- Baharsyah, J.S., D.A. Suryadikarta. dan I. Las. 1985. *Hubungan Iklim dengan Pertumbuhan Kedelai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pangan. Bogor. hal 87-101.B
- Board, T and Harville, G. 1973. Response of yield component of soybean to radiation interception gradient during reproductive periode. *Crop Science* 33: 772-777
- Boer, R. 1994. Pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah podsolik merah kuning pada empat tingkat radiasi surya dan tiga tingkat pengapuran. *Jurnal Agromet* 10:1&2 (1-7).
- Boer, R. 1999. Penyusunan model simulasi tanam kedelai. Laporan RUT. Dewan Riset Nasional. Jakarta
- Darmijati, S. 1992. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan kedelai dan kacang tanah. *Jurnal Agromet* 8: 32-40.
- Dastane, N.G. dalam Purnomo. 2007. *Effective Rainfall in Irrigated Agriculture Drainage*. Paper no 25, FAO, Rome. 62 p.
- Doorenbos. J. and A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper no 33. 193p.
- Gibson, M.L. and Muller, J.V. 1996. Influence of day and night temperature on soybean seed yield. *Crop Science* 36: 98-104.
- Ghulamahdi, M., M. Melati, and D. Sagala. 2009. Production of Soybean Varieties under Saturated Soil Culture on Tidal Swamps. *Journal Agronomy Indonesia*, no. 37 (3): 226-232.

- Ghulamahdi, M. 2014. Budi daya Kedelai Produksi Tinggi di Lahan Pasang Surut: Tantangan Aplikasi dalam Skala Luas. Makalah pada Seminar Nasional Hari Kebangkitan Teknologi Nasional Ke-19 Tahun 2014 Inovasi Pangan, Energi dan Air untuk Daya Saing Bangsa, 12 Agustus 2014. Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Golunggu, L., H. Arioglu, M. Arslan. 2007. Effect of some plant growth regulators and nutrient complexes on above ground biomass and seed yield of soybean growth under heat stressed environment. *Agron. J.* 5:126–130.
- Guntoro. 2008. *Produksi, Konsumsi, dan Impor Kedelai Indonesia*. Republika. Jakarta.
- Harnowo, D. 1992. *Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pemupukan Kalium dan Cekaman Kekeringan Pada Fase Reproduksi*. Program Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Hartawan R., Z. R. Djafar, Z. P. Negara, M. Hasmeda, dan Zulkarnain. 2011. Pengaruh Panjang Hari, Asam Indol Asetat, dan Fosfor terhadap Tanaman Kedelai dan Kualitas Benih dalam Penyimpanan. *J. Agron. Indonesia* 39 (1): 7–12. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Herawati. 1994. *Karakteristik Pertumbuhan dan Hasil Empat Varietas Kedelai Pada Berbagai Taraf Pemupukan Kalium dan Ketersediaan Air Tanah*. Jurusan GEOMET, FMIPA, IPB. Bogor.
- Hidajat. 1985. *Morfologi Tanaman Jagung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Bogor.
- Hutami, S dan Pasaribu, D. 1989. Tanggap varietas kedelai terhadap tekanan kekeringan. Seminar hasil tanaman Pangan. Balittan. Bogor. Vol 1: 215–225.
- Kantolic, A.G., G.A. Slafer. 2007. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. *Ann. Bot.* 99:925–933.
- Kasno, A dan Jusuf, M. 1994. Evaluasi plasma nutfah untuk daya adaptasi terhadap kekeringan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 4:12–15.
- Kuswantoro, H. 2010. Strategi Pembentukan Varietas Unggul Kedelai Adaptif Lahan Pasang Surut. *Buletin Palawija* No. 19: 38–46 (2010).
- Mar'ah, M. 1996. *Perbedaan Tingkat Air Tersedia dan Pemberian Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung*. Jurusan GEOMET, FMIPA IPB. Bogor.
- Masyhudi, M.F., Hidayat & A. Choliluddin. 1989. *Pengaruh Kekeringan Pada Pertumbuhan Tanaman Jagung dan Fiksasi Nitrogen*. Dalam Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Balittan Bogor.

- Muchdar S., 2007. Teknologi Rhizobium pada Tanaman Kedelai, Dalam Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Murdiyarso, D. 1980. *Pengantar Hidrometeorologi*. Jurusan Agrometeorologi. IPB. Bogor. 59 hal.
- Noor, 2004. Lahan Rawa, Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam Rajwali Pers. Jakarta. Hlm 81-84.
- Oldeman dan Frere. 1982. *Report on the Agroecological Zones Project*. Vol. 1, Methodology and Result for Africa. Rome.
- Rubatzky, V.E dan M. Yamaguchi. 1998. Sayuran Dunia, Prinsip, Produksi, dan Gizi. Edisi kedua. Penerjemah Catur Herison. ITB Press, Bandung. 262 hal.
- Sabran, M. William, E., dan Saleh. 2000. Pengujian Galur kedelai di Lahan Pasang Surut. Buletin Agronomi volume 2 no. 28 hal 41-48. Balai Penelitian
- Soepardi, 1983. *Metode Keseimbangan Air*. LIPI. Jakarta.
- Sumarno. 1986. Response of Soybean Glycine Max Merr Genotypes to Continuous Saturated Culture. Indonesian Journal Of Crop Science: 71-78.
- Sumarno dan A.G.Manshuri. 2007. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia, Dalam Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor .
- Suharto, B. 1986. Penetran suseptibilitas tanaman kedelai terhadap kekeringan dan hubungannya dengan produksi dan metode indeks stress harian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Syhabuddin, H dan Las, I. 2002. Kadar air tanah, iklim mikro, dan hasil tanaman kedelai dengan waktu naungan dan pemberian air berbeda. Jurnal Agromet vol. XVI no. 1 dan 2. 2002.
- Tampubolon, T. Wiroadmodjo, J., Baharsjah, J, dan Soedarsono. 1989. Pengaruh penggenangan pada berbagai fase pertumbuhan kedelai terhadap pertumbuhan dan produksi. Forum Pasca Sarjana 12:17-25.
- Thornthwaite, C. W., and J. R. Mather. 1957. The Water Balance. Publications in Climatology, Vol. IX, No. 3, Drexel Institute of Climatology, Centerton, NJ.
- Wallace J.S., 1996. The water balance of mixed tree-crop systems. In "Tree-crop Interaction: a Physiological Approach" (C.K. Ong, and Huxley, P. ed.). CAB International, Wallingford, UK.

- Widiastuti, L., Tohari, Sulistyaningsih, E. 2004. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kadar Daminosida terhadap Iklim Mikro dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai. *Jurnal Ilmu Pertanian* (11)2: 35–42.
- Wirosoedarmo, D dan Hardjoamidjojo. 1988. Kepekaan tanaman kedelai rhadap tegangan air pada empat taraf pertumbuhan. *Agrivita* vol. 11 no. 2.