

EFEKTIVITAS WAKTU PENGGENANGAN AIR TERHADAP PENGAWETAN LENGAS TANAH PADA TANAMAN KEDELAI

Time of Water Inundation Effectivity to Soil Moisture Preservationon Soybean Crop

Aminah*

Email: aminah.muchdar@umi.ac.id

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumihardjo Km 5 90231. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Abdullah

Email: abdullahsituru@gmail.com

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumihardjo Km5 90231. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Nuraeni

Email: neni_basri@yahoo.com

Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumihardjo Km 5. 90231. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Marlyana S. Palad

Email: mspalad@gmail.com

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto
Jl Perintis Kemerdekaan Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

ABSTRAK

Faktor penting yang menjadi dasar pengelolaan air adalah karakteristik tanaman berdasarkan kebutuhan air, jumlah air yang diberikan, metode irigasi, dan karakteristik tanah untuk menghemat air. Faktor-faktor ini juga dipengaruhi oleh kondisi agroekologi lokal seperti iklim, jenis tanah, dan ketersediaan air irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas waktu genangan pada pertumbuhan dan produksi kedelai untuk menjaga kelembaban tanah. Penelitian diatur dalam bentuk eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) terdiri dari perlakuan waktu penggenangan air (W), yaitu tidak tergenang/kapasitas lapang (W0), genangan 0-15 hari setelah tanam (hst) (W1), genangan 15-30 hst (W2), genangan pada 30-45 hst (W3), dan genangan terus menerus sampai panen (W4). Ketinggian air yang diberikan adalah 5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genangan terus menerus sampai panen meningkatkan bobot biji sebesar 19,23% dibandingkan tanpa genangan. Ini dibuktikan dengan meningkatnya jumlah polong dan jumlah biji per tanaman sebesar 31,1% dan 37,59% dibandingkan dengan kapasitas lapang. Genangan terus menerus (berkelanjutan) menunjukkan kadar air tanah (lengas tanah) tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan untuk kehijauan daun, genangan pada 15-30 hst menunjukkan kehijauan daun terendah sedangkan kehijauan daun tertinggi pada penggenangan 0 – 15 hst, dan ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang

* Principal contact for correspondence

lain. Genangan terus menerus telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan hasil kedelai. Hasil ini menunjukkan bahwa metode irigasi sampai tanah jenuh dengan air atau di atas kapasitas lapangan masih cukup aman untuk pertumbuhan, pengembangan dan produksi tanaman kedelai.

Kata kunci: *kapasitas lapang; waktu penggenangan; pengelolaan air; lengas tanah; kedelai.*

ABSTRACT

Important factors that form the basis of water management are plant characteristics based on water requirements, the amount of water supplied, irrigation methods, and soil characteristics to conserve water. These factors are also influenced by local agroecological conditions such as climate, soil type, and availability of irrigation water. The study aimed to determine the effectiveness of inundation time on soybean growth and production to maintain soil moisture. The study was arranged in an experimental form using a Randomized Block Design (RBD) consisting of waterlogging time treatment (W), ie not flooded/field capacity (W0), inundation 0-15 days after planting (dap) (W1), inundation 15-30 dap (W2), inundation at 30-45 dap (W3), and inundation continuously until harvest (W4). The height of the water given was 5 cm. The results showed that continuous inundation until harvest increased the weight of seeds by 19.23% compared without inundation. This was evidenced by the increasing number of pods and number of seeds per plant by 31.1% and 37.59% compared to field capacity. Continuous inundation showed that the highest soil water content (moisture) compared to other treatments. As for the greenness of leaves, inundation at 15-30 dap showed the lowest greenness of leaves while the highest greenness of leaves is inundation 0-15 dap, and this was not significantly different from other treatments. Continuous inundation has shown the potential to increase soybean yield. These results indicated that the irrigation method until the soil was saturated with water or above the field capacity was still quite safe for the growth, development, and production of soybean plants.

Keywords: *field capacity; inundation time; water management; land moisture; soybean.*

PENDAHULUAN

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. Kedelai merupakan sumber protein nabati yang relatif murah bila dibandingkan sumber protein lainnya seperti daging, susu dan ikan. Kebutuhan akan kedelai terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan bertambahnya penduduk.

Kebutuhan kedelai setiap tahunnya sebesar $\pm 2.500.000$ ton biji kering, sementara produksi dalam negeri saat ini hingga tahun 2016 mencapai 859.653 ton (BPS, 2017), sehingga untuk memenuhi kekurangan kebutuhan tersebut harus dengan jalan impor. Salah satu cara peningkatan produksi kedelai yaitu peningkatan luas areal panen yang dapat dicapai dengan ekstensifikasi ke areal lahan kering yang keberadaannya sangat luas di Indonesia. Hal ini bisa tercapai jika pengelolaan air pada lahan tersebut bisa dilaksanakan secara optimal. Mengingat pertumbuhan dan hasil tanaman yang

optimal dapat dicapai bila air sebagai faktor terpenting dalam pertumbuhan tanaman dapat tersedia dalam jumlah yang cukup sesuai dengan kebutuhan tanaman. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah mengetahui sistem pengelolaan air yang tepat dalam memenuhi kebutuhan air tanaman kedelai, khususnya pada lahan kering guna mendukung ketahanan pangan.

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 (EEA, 2012; Solomon *et al.*, 2007). Sementara beberapa aspek perubahan iklim seperti peningkatan curah hujan dapat membawa beberapa manfaat, 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).

Konsekuensi utama dari perubahan sumberdaya 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 panas, meningkatkan kebutuhan air untuk irigasi (iii) penurunan kualitas air karena suhu air yang lebih tinggi dan tingkat limpasan yang lebih rendah di beberapa daerah (Iglesias & Garrote, 2015).

Pengembangan pertanian di lahan kering untuk tanaman pangan perlu didorong dengan berbagai inovasi teknologi. Ini mengingat potensi lahan

kering yang cukup besar sehingga dianggap 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, 2014) sebagian besar bergantung pada hujan untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Masalah kekeringan dapat menurunkan produktivitas kedelai sebesar 40-65% (Suharjawanasuria, 2001; Suherman *et al.*, 2013).

Melihat potensi lahan kering tersebut 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 dalam penelitian ini adalah pengelolaan air yang tepat khususnya pada lahan kering atau tadah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komponen pengelolaan air yang efisien dan efektif dalam mempertahankan kelengasan tanah pada lahan kering guna mendukung keberlanjutan pangan.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas Anjasmoro, pupuk kandang, NPK, polibag, furadan, timbangan, ember, gelas ukur, meteran dan lain-lain. Penelitian berlangsung Maret sampai Juni 2019 di green house Balai Penelitian Tanaman Serealia (BALISEREAL) Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari lima level waktu penggenangan air (W), yaitu tidak digenangi/kapasitas lapang (W0), penggenangan pada 0–15 hari setelah tanam (W1), penggenangan pada 15–30 hari setelah tanam (W2), penggenangan pada 30–45 hari setelah tanam (W3), dan penggenangan terus menerus sampai panen (W4).

Percobaan dilakukan dengan memasukkan 5 kg tanah jenis Alfisol (kering) kedalam polybag yang telah dilubangi sebanyak 16 lubang setinggi 1–2 cm dari alas, dan dimasukkan ke dalam ember yang berisi air sesuai perlakuan. Pemberian pupuk dasar dengan Urea 50 kg/ha, SP36 75 kg/ha, dan KCl 75 kg/ha.

Penggenangan dilakukan dengan memberikan air pada ember setinggi 5 cm, lalu memasukkan polibag berisi tanaman kedelai ke dalam ember yang berisi air setinggi 5 cm. Ketinggian air terus menerus dipertahankan ketinggiannya 5 cm sesuai waktu penggenangan/perlakuan.

Pengamatan pertumbuhan yaitu tinggi tanaman, luas daun, panjang akar dan bobot kering tanaman dilakukan setiap minggu. Pengukuran kehijauan daun menggunakan *spectrophotometer*. Alat ini ditancapkan di dalam polibag

(area penanaman). Pengamatan kadar air tanah dengan cara mengambil sampel tanah lalu ditimbang berat basah dan berat kering oven. Kadar air tanah dihitung dengan mengurangkan nilai dari berat basah tanah dikurangi berat kering tanah dikali 100%. Pengamatan ini dilakukan setiap dua minggu untuk melihat seberapa besar waktu penggenangan mampu mempertahankan tingkat kelengasan tanah optimal bagi tanaman kedelai. Pengamatan produksi tanaman meliputi jumlah polong, jumlah biji/tanaman, berat 100 biji dan berat biji/tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Perlakuan penggenangan dapat meningkatkan kandungan lengas tanah berkisar 42.55 hingga 46.44. Hasil pengamatan terhadap kandungan lengas tanah sebelum dan sesudah penggenangan disajikan pada Tabel 1. Lamanya penggenangan berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, umur panen, luas daun, panjang akar, dan berat kering biomas saat panen. Hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman, umur panen, luas daun, panjang akar, dan bobot kering tanaman disajikan pada Tabel 2. Begitu pula terhadap kehijauan daun, jumlah polong/tanaman, jumlah biji pertanaman, berat 100 biji, dan berat biji/tanaman. Hasil pengamatan terhadap kehijauan daun, jumlah polong/tanaman, jumlah biji pertanaman, berat 100 biji dan berat biji/tanaman disajikan pada Tabel 3.

Pembahasan

Penggenangan terus-menerus selama pertumbuhan tanaman menunjukkan

Tabel 1. Pengaruh waktu penggenangan terhadap jumlah air yang diberikan dan kandungan lengas tanah sebelum dan sesudah penggenangan.

Perlakuan	Jumlah air yang diberikan (ml)	Kandungan lengas tanah (%)	
		sebelum penggenangan	setelah penggenangan
Kapasitas lapang	12.130	38.80*)	
Waktu penggenangan 0-15 hst	16.600	38.82	42.55
Waktu penggenangan 15-30 hst	16.550	38.79	42.60
Waktu perendaman 30-45 hst	16.500	38.25	44.45
Penggenangan terus menerus sampai panen	20.740	39,89	46.44

*) kandungan lengas tanah dipertahankan kapasitas lapangan

Tabel 2. Pengaruh waktu penggenangan 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)	Panjang akar (cm)	Berat kering tan (g)
Kapasitas Lapang	45.02 d	84.77 b	469.55 a	42.56 a	28.03 de
Waktu penggenangan 0-15 hst	49.54 c	84.56 b	520.66 a	44.33 a	34.15 b
Waktu penggenangan 15-30 hst	49.30 c	84.72 b	575.96 a	43.84 a	29.89 bcd
Waktu penggenangan 30-45 hst	54.33 b	85.84 c	479.23 a	42.66 a	30.97 bcd
Penggenangan terus menerus sampai panen	63.54 a	86.07 c	485.34 a	43.69 a	47.03 a
BNT 5%	2,425	0.32	65.55	3.21	4,342

kandungan lengas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Penggenangan terus menerus ini membutuhkan jumlah air sebesar 20.740 ml (20.7 liter) untuk mempertahankan kelengasan tanah. Tanah jenis alfisol yang digunakan sebagai media tumbuh mempunyai tekstur ringan sehingga pada saat direndam kandungan lengas tanahnya berada di sekitar jenuh air dengan ketinggian air 5 cm.

Sebelum perlakuan penggenangan, kandungan lengas sekitar kapasitas lapang berkisar antara 38.25% - 39.89% (Tabel 1). Pengairan dengan mempertahankan lengas tanah selalu berada disekitar kapasitas lapang digunakan

sebagai kontrol. Perlakuan penggenangan terus-menerus dengan tinggi permukaan air 5 cm memerlukan air yang lebih banyak, yaitu 20.740 ml, sedangkan perlakuan kapasitas lapangan hanya memerlukan air sebanyak 12.130 ml. Demikian juga penggenangan pada setiap 15 hari diperlukan air diatas kapasitas lapang. Hal ini mempengaruhi aktivitas fisiologis tanaman, termasuk kehijauan daun tanaman kedelai.

Waktu penggenangan berpengaruh terhadap kehijauan daun. Penggenangan pada umur 15-30 hst mempunyai nilai kehijauan daun paling rendah dibanding perlakuan yang lain, sedangkan kehijauan daun yang tertinggi ditunjukkan pada

Tabel 3. Efektifitas waktu penggenangan air terhadap kehijauan daun, jumlah polong/tanaman, jumlah biji pertanaman, berat 100 biji dan berat biji/tanaman.

Treatment	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
Waktu penggenangan 0-15 hst	37.19 a	12.78 c	95.77 cd	10.58 a	9.93 bc
Waktu penggenangan 15-30 hst	34.67 b	14.01 c	104.64 c	10.57 a	9.67 cd
Waktu penggenangan 30-45 hst	36.45 a	18.74 b	119.51 b	9.04 c	10.67 b
Penggenangan terus menerus sampai panen	36.19 a	20.81 a	162.94 a	9.63 b	12.69 a
BNT 5%	1.16	1.74	14.61	0.44	0.89

perlakuan dengan waktu penggenangan 0 – 15 hst. Ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang lain. (Tabel 3).

Kehijauan daun berkorelasi dengan kandungan kadar klorofil daun. Semakin hijau suatu daun, kadar klorofilnya semakin banyak dan kemampuan untuk berfotosintesis akan semakin tinggi. Ini dapat pula menjadi alat yang sensitif untuk mengidentifikasi variasi genotip dalam memperkirakan tingkat fotosintesis dan dapat berfungsi sebagai kriteria seleksi dalam program pemuliaan tanaman (Ma *et al.*, 1995). Klorofil merupakan unsur penentu kemampuan fotosintesis tanaman yang sebagian besar terdapat pada daun tanaman. Kadar klorofil 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. Taiz dan Zeiger (2002), mengatakan bahwa pada proses fotosintesis, klorofil tanaman adalah molekul kompleks yang berperan menangkap energi cahaya matahari yang merupakan proses transfer energi dan elektron.

Waktu penggenangan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap luas daun (Tabel 2). Pertumbuhan tanaman yang dicirikan oleh tinggi tanaman yang menurut hasil penelitian diperoleh nilai terendah yaitu 49,30 cm pada perlakuan waktu penggenangan 15-30 hst. Namun hasil ini tidak berbeda dengan waktu penggenangan 0-15 hst. Sedangkan tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada saat penggenangan terus menerus sampai panen, yaitu 64,54 cm. Hal ini menunjukkan bahwa air dibutuhkan terus menerus untuk memacu tanaman sehingga tumbuh lebih tinggi.

Akumulasi biomassa terkecil terjadi pada penggenangan 15-30 hari setelah tanam yaitu 29,89 g, sedangkan penggenangan terus-menerus sampai panen menghasilkan akumulasi biomas tertinggi 47.03 g (Tabel 2). Penggenangan terus-menerus dapat meningkatkan hasil biji sebesar 19.23% dibandingkan kontrol. Hal ini didukung oleh meningkatnya komponen panen seperti jumlah polong dan jumlah biji per tanaman masing-masing sebesar 31.1% dan 37.59% di atas kapasitas lapang.

Teknik pengairan dengan cara penggenangan terus-menerus tampaknya berpotensi meningkatkan hasil kacang kedelai. Hasil ini mengisyaratkan bahwa cara pengairan sampai tanah jenuh air atau diatas kapasitas lapang selama 15 hari masih cukup aman untuk pertumbuhan tanaman. Teknologi ini oleh beberapa peneliti disebut sebagai budidaya basah (*wet soil culture*) atau budidaya jenuh air (*saturated soil culture*). Kondisi ini hanya dapat dilakukan pada saat tanaman sudah berumur 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan budidaya basah pada kedelai di lapangan yang dilakukan oleh Suryana (2008) dapat meningkatkan hasil sekitar 70% dibandingkan dengan pengairan konvensional.

Pengamatan terhadap peubah berat 100 biji menunjukkan bahwa penggenangan pada 0-15 hst dan 15-30 hst menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan kapasitas lapang, yaitu 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 per tanaman pada perlakuan tersebut, sehingga hasil fotosintat dialirkan ke dalam biji berkurang. 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.

Hasil ini menunjukkan 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.

Tersedianya air selama pertumbuhan tanaman sangat menentukan daya hasil kedelai. Kebutuhan air bagi tanaman kedelai 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 berbeda-beda. 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 & Wudlanto, 2007).

Hasil penelitian Aminah *et al.* (2013) memberi hasil 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). Perbedaan tersebut adalah terjadi penurunan yang sangat nyata baik terhadap komponen pertumbuhan tanaman maupun terhadap komponen produksi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan bahwa penggenangan air terus-menerus dapat meningkatkan hasil biji (berat biji) sebesar 19.23% dibanding

air pada kapasitas lapang. Hal ini didukung oleh meningkatnya komponen panen seperti jumlah polong dan jumlah biji pertanaman masing-masing sebesar 31.1% dan 37.59% dibanding kapasitas lapang.

Perendaman terus-menerus sampai panen menunjukkan kandungan lemas yang tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Sedangkan untuk kehijauan daun, penggenangan pada 15-30 hari setelah tanam mempunyai kehijauan daun yang paling rendah, sedangkan kehijauan daun yang tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan waktu penggenangan 0-15 hst.

Jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman kedelai dalam mempertahankan kelengasan tanah untuk perlakuan penggenangan terus menerus sampai panen adalah 20.7 liter. Metode penggenangan terus menerus ini yang dapat memenuhi kebutuhan air tanaman kedelai dalam mempertahankan kelengasan tanahnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang tak terhingga diberikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) atas dana hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Tahun 2019 yang diberikan sehingga penelitian ini bisa terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T., & Wudianto, R. (1999). *Meningkatkan hasil panen kedelai di lahan sawah-kering-pasang surut*. Penebar Swadaya.
- 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, Jusoff, K., Hadijah, St., Nuraeni, Reta, Marlina, S.P., Muchtar, A.H., & Nonci, M. (2013). Increasing soybean (*Glycine max L*) drought resistance with osmolit sorbitol. *Modern Applied Science*, 7(9), 78-85.
- 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. *Global Environmental Change*, 21(2), 592-603.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2014). Luas lahan Kering di Indonesia. Statistik Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2017). Produksi kedelai menurut provinsi. Badan Pusat Statistik.
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*, 289(5487), 2068-2074.
- Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural water management*, 155, 113-124.
- Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F., & Moneo, M. (2007). Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water resources management*, 21(5), 775-788.
- Ma, B. L., Morrison, M. J., & Voldeng, H. D. (1995). Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. *Crop Science*, 35(5), 1411-1414.

- 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. *Global Environmental Change*, 14, 345-360.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., ... & Miller, H. L. (2007). Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Suherman, S., Rahim, I., Akib, M. A., Mustafa, M., & Larekeng, S. H. (2013). Dinamika Pertumbuhan dan Produksi Kedelai dengan Berbagai Konsentrasi Bioetanol dan Dosis Mikoriza. *Jurnal Galung Tropika*, 2(3).
- Suryana, A. (2008). Menggenjot Produksi Kedelai dengan Teknologi. Diskusi Panel dan Konfrensi Pers. Inovasi Teknologi Kedelai, Badan Litbang Pertanian Jakarta. 12 Pebruari 2008.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. 3rd. England: Sinauer Associates.