

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS

2.1. Tinjauan pustaka

2.1.1. Klasifikasi botani tomat

Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) merupakan salah satu jenis sayuran buah, memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga berpotensi untuk dikembangkan. Rasa buah tomat yang unik yaitu perpaduan rasa manis dan asam menjadi daya tarik masyarakat (Waluyo, 2020). Adapun tanaman tomat tertera dalam gambar berikut.



Gambar 1. Tanaman tomat (Sumber: PT. East West Seed Indonesia)

Tanaman tomat dalam taksonomi tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub divisio : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Solanales
Famili : Solanaceae
Genus : *Lycopersicon* (*Lycopersicum*)
Spesies : *Lycopersicum esculentum* Mill (Jones, 2007).

2.1.2. Morfologi tomat

a. Akar

Tanaman tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, dan akar serabut. Akar pada tanaman tomat berwarna keputih-putihan dan akarnya memiliki aroma

yang khas. Perakaran pada tanaman tomat termasuk dalam perakaran yang tidak terlalu dalam yang memiliki kedalaman rata-rata yaitu 30 – 40 cm dengan perakaran terdalam yaitu 60 – 70 cm. Akar tanaman tomat memiliki fungsi sebagai penopang tanaman serta menyerap air dan unsur hara dalam tanah. Hal tersebut berkaitan dengan kesuburan tanah lapisan atas dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat dikarenakan tanaman tomat memiliki perakaran yang dangkal sehingga kandungan hara yang terdapat di lapisan atas sangat menentukan hasil tanaman (Sutapa dan Kasmawan, 2016).

b. Batang

Tanaman tomat memiliki batang berbentuk bulat. Cabang batang tomat berasal dari ketiak daun yang berada di dekat tanah. Tipe percabangan tanaman tomat pada cabang bagian bawah yaitu tipe monopodial atau bagian batang tanaman dapat dibedakan sebagai batang utama dari cabang atau ranting yang lain. Hal tersebut dikarenakan batang pokok tanaman tomat lebih besar dibandingkan cabangnya. Percabangan tanaman tomat di bagian atas memiliki tipe simpodial atau percabangan sulit dibedakan antara batang pokok dengan cabang atau ranting lainnya. Batang utama pada tanaman tomat dapat tumbuh hingga ketinggian 2 – 3 meter, namun pada ada pula yang pertumbuhannya berhenti ketika tanaman tomat mulai berbunga. Tanaman tomat memiliki batang dan cabang yang tidak berkayu. Pada bagian dalam batang hingga cabang terdapat empulur atau bagian terdalam dari batang tumbuhan berpembuluh yang memiliki warna hijau keputih-putihan. Kulit batang memiliki bulu dan batang berwarna hijau (Sutapa dan Kasmawan, 2016).

c. Daun

Jenis daun pada tanaman tomat adalah daun majemuk yang tumbuh berselang-seling dengan susunan spiral mengelilingi batang tanaman. Pada umumnya daun tanaman tomat berukuran lebar, bersirip, dan berbulu, panjang daun umumnya 20 – 30 cm dengan lebar sekitar 15 – 20 cm dan umumnya tumbuh dekat dengan ujung dahan. Tanaman tomat memiliki tangkai daun bulat dengan ukuran 7 – 10 cm dan memiliki ketebalan antara 0,3 – 0,5 cm (Cahyono, 2008). Sutapa dan Kasmawan (2016) menambahkan bahwa sirip pada daun tomat

umumnya berjumlah 7 – 9 dan pada beberapa tanaman terdapat sirip ganda atau sirip besar yang memiliki sirip lain dengan ukuran yang lebih kecil. Selain akar tomat yang memiliki aroma khas, daun tomat juga memiliki aroma yang khas jika daun diremas.

d. Bunga

Bunga yang dimiliki oleh tanaman tomat merupakan bunga majemuk yang terletak dalam rangkaian bunga yang terdiri atas 4 sampai 14 kuntum bunga dan menggantung pada tangkai rangkaian bunga. Rangkaian bunga pada tanaman tomat memiliki letak yang beragam yaitu terletak di antara buku, ruas, ujung batang, atau ujung cabang. Kelopak bunga tanaman tomat berjumlah 6, memiliki ujung yang runcing, dan berwarna hijau. Jumlah mahkota bunga 6 dengan bagian pangkal berwarna kuning dan berbentuk seperti tabung. Bunga tomat termasuk bunga sempurna yang memiliki benang sari, kepala putik, bakal buah, dan tangkai putik. Benang sari terdapat di sekeliling putik, memiliki tangkai yang pendek, berjumlah 6, dan berwarna kuning cerah. Bunga pada tomat tidak tergantung pada lama pencahayaan atau masa pencahayaan harian matahari (Sutapa dan Kasmawan, 2016).

e. Buah

Buah tomat muda memiliki warna hijau, berbulu, dan memiliki tekstur yang keras, sedangkan pada buah tomat yang sudah tua memiliki warna merah muda, merah pekat, atau kuning, dengan permukaan kulit mengkilap dan cerah serta tekstur yang relatif lunak. Buah tomat merupakan buah buni dengan bentuk yang beragam, diantaranya yaitu buah tomat dengan bentuk lonjong, pipih, oval, meruncing, dan bulat. Buah tomat memiliki diameter antara 2 – 5 cm dan tergantung pada varietasnya. Ruang di dalam buah tomat memiliki jumlah yang bervariasi, yaitu pada buah tomat cherry dan tomat roma ruang di dalamnya hanya berjumlah dua, sedangkan pada tomat lain jumlahnya dapat mencapai lebih dari dua atau hingga delapan ruang seperti pada tomat marmande. Pada buah tomat terdapat tangkai buah yang mulanya sebagai tangkai bunga dan kelopak buah yang mulanya sebagai kelopak bunga (Sutapa dan Kasmawan, 2016).

2.1.3. Syarat tumbuh tomat

Tanaman tomat umumnya dapat tumbuh di dataran tinggi, menengah, dan rendah jika teknik budidaya dilakukan dengan benar, syarat tumbuhnya terpenuhi, dan menggunakan varietas yang sesuai. Pertumbuhan tanaman tomat tergantung dengan suhu optimal, yaitu 23°C pada siang hari dan 17°C pada malam hari. Suhu yang terlalu tinggi atau suhu lebih dari 27°C dapat berdampak buruk pada tanaman seperti menurunnya pertumbuhan tomat dan terhambat dalam pembentukan buah. Curah hujan yang dibutuhkan oleh tomat yaitu 750 – 1250 mm per tahun dan membutuhkan sinar cahaya matahari 8 jam per hari. Hal lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman tomat adalah temperatur dan kelembaban. Kondisi temperatur dan kelembaban yang tinggi dapat berdampak pada pertumbuhan tomat yang kurang baik dan menyebabkan penurunan kualitas buah dan produktivitas tanaman (Sari dan Murti Laksono, 2019).

Budidaya tomat dapat dilakukan pada berbagai jenis tanah, diantaranya yaitu tanah andosol, regosol, latosol, ultisol, dan grumusol. Namun demikian, tanah yang ideal untuk budidaya tomat adalah tanah dengan tekstur lempung berpasir, subur, gembur, dan mengandung bahan organik yang tinggi, serta memiliki daya ikat air yang bagus (Zulkarnain *et al.*, 2017). Menurut Syukur *et al.*, (2015) tanah yang ideal untuk tanaman tomat adalah tanah yang memiliki pH 6-7.

2.1.4. Cekaman kekeringan

Curah hujan yang rendah dan proses evapotranspirasi yang tinggi menyebabkan kekeringan pada lahan pertanian. Kekeringan merupakan kondisi stres yang paling merusak lingkungan serta berdampak pada penurunan produktivitas tanaman (Setiawan, 2012). Widiatmoko (2012) menambahkan bahwa tanaman yang mengalami cekaman kekeringan dapat diakibatkan oleh dua hal, yaitu kurangnya suplai air di daerah perakaran dan permintaan air yang berlebihan oleh daun dikarenakan adanya laju transpirasi yang melebihi laju absorpsi air oleh akar tanaman, meskipun keadaan air dalam tanah mencukupi.

Tanaman yang mengalami kekeringan maka kekurangan air dan berdampak pada stomata pada daun yang menutup dan mengakibatkan CO₂ yang terhambat masuk sehingga aktivitas fotosintesis pada tanaman menjadi terhambat (Gulo dan Nurhayati, 2023). Menurut Alfen (2014) cekaman kekeringan mengakibatkan kandungan klorofil menurun, menghambat proses respirasi, translokasi, absorpsi ion, karbohidrat, metabolisme hara, serta berpengaruh pada pembesaran sel dan berdampak pada terhambatnya pertumbuhan tanaman hingga tanaman mengalami kematian. Simbolon *et al.*, (2020) menyatakan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh pada fase vegetatif tanaman yaitu terhadap respon morfologi dan fisiologi tanaman yang berdampak pada tinggi tanaman, luas daun, ketebalan daun, jumlah stomata terbuka, bobot kering pucuk, bobot kering akar, panjang akar, volume akar, kadar air daun, dan kandungan klorofil. Setiawan (2012) menambahkan bahwa cekaman kekeringan dapat memicu terjadinya cekaman oksidatif atau keadaan lingkungan yang mengalami peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang disebabkan adanya kelebihan reduksi dari proses fotosintesis.

Reactive Oxygen Species (ROS) adalah kelompok radikal bebas yang terbentuk sebagai produk samping dari metabolisme tanaman (Quan *et al.*, 2008). Peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) sebagai radikal bebas dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara ROS dan keberadaan antioksidan dalam tanaman (Setiawan, 2012). Asghar dan Bashir (2020) menambahkan bahwa peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) juga dapat mengakibatkan kerusakan struktur sel. Menurut Quan *et al.*, (2008) salah satu molekul *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang paling stabil di alam adalah hidrogen peroksida. He *et al.*, (2009) menyatakan bahwa hidrogen peroksida dengan konsentrasi yang rendah memiliki manfaat sebagai molekul sinyal terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik, sedangkan pada konsentrasi tinggi maka dapat menyebabkan kematian sel tanaman yang disebabkan oleh cekaman oksidatif pada tanaman.

2.1.5. Peran antioksidan

Senyawa yang mampu menghambat reaksi oksidasi dengan mengikat mengikat radikal bebas dan molekul reaktif disebut dengan senyawa antioksidan

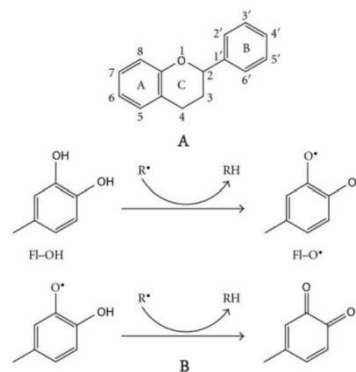
(Giuliana *et al.*, 2015). Jaya *et al.*, (2012) menambahkan bahwa senyawa antioksidan juga berperan dalam mencegah dan memperlambat kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas dengan melalui penghambatan mekanisme oksidatif.

Menurut Gulcin (2012) secara garis besar antioksidan dibagi menjadi dua kategori, yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer merupakan antioksidan yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal dengan melepaskan hidrogen. Sedangkan antioksidan sekunder menurut Ayucitra *et al.*, (2011) adalah antioksidan yang berperan sebagai chelator untuk ion logam, menonaktifkan singlet oxygen, menyerap radiasi ultraviolet dan membantu meningkatkan aktivitas antioksidan primer.

Antioksidan dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan sumbernya, yaitu antioksidan sintetis yang merupakan antioksidan yang berasal dari hasil sintesis reaksi kimia dan antioksidan alami yang merupakan antioksidan yang berasal dari hasil ekstraksi bahan alam. Senyawa antioksidan alami yang terdapat pada tumbuhan umumnya berupa senyawa fenolik atau polifenol yang merupakan golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Senyawa antioksidan alami polifenol merupakan senyawa multi fungsional yang dapat bereaksi sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkelat logam, dan peredam terbentuknya singlet oksigen (Ayucitra *et al.*, 2011).

Menurut Umayah dan Amrun (2007) kemampuan utama yang dimiliki oleh senyawa antioksidan adalah kemampuan dalam menangkap dan menstabilkan radikal bebas. Senyawa antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga memperlambat aktivitas senyawa oksidan tersebut (Giuliana *et al.*, 2015). Menurut Yuhernita dan Juniarti (2011) senyawa antioksidan yang dapat meredam radikal bebas yaitu senyawa polifenol. Es-Safi *et al.*, (2007) menyatakan bahwa senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk menyumbangkan atom hidrogen, maka aktivitas senyawa fenolik dapat dihasilkan pada reaksi netralisasi radikal bebas yang mengawali proses oksidasi atau pada penghentian reaksi radikal berantai

yang terjadi. Erenler *et al.*, (2023) menambahkan bahwa sifat antioksidan berasal dari kemampuan untuk mentransfer sebuah elektron ke senyawa radikal bebas. Menurut Amic *et al.*, (2003) salah satu senyawa yang dapat meredam radikal bebas adalah senyawa golongan flavonoid, yaitu senyawa polifenol yang terdiri dari 15 atom karbon utama yang tersusun atas dua cincin benzene yang dihubungkan dengan tiga atom karbon. Flavonoid memiliki gugus-gugus hidroksil (-OH) sehingga dapat menetralkan radikal bebas dengan cara mendonorkan atom hidrogennya sehingga menjadi molekul non radikal yang stabil. Peredaman radikal bebas oleh senyawa flavonoid disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 2. Skema peredaman radikal bebas oleh flavonoid, (A) struktur dasar flavonoid, (B) proses peredaman radikal bebas oleh flavonoid. (Sumber: Porat *et al.*, 2006)

Senyawa antioksidan juga berperan dalam menginduksi toleransi cekaman abiotik pada tanaman yang mengalami kekeringan, namun hal tersebut tergantung pada jenis tanaman, fase perkembangan, metode aplikasi, dan konsentrasi antioksidan. Upaya peningkatan kandungan antioksidan dalam tanaman dapat dilakukan dengan aplikasi antioksidan eksogenus (Salehi *et al.*, 2011).

2.1.6. Ekstrak kulit pisang

Pisang merupakan buah yang populer di masyarakat Indonesia. Hal tersebut dikarenakan Indonesia memiliki iklim yang sesuai untuk pertumbuhan pisang, sehingga populasi pisang terus ada dan melimpah (De Langhe *et al.*, 2009). Pisang memiliki banyak manfaat, yaitu pada buahnya terdapat kandungan saponin, glikosida, tanin, alkaloid, dan flavonoid (Ajani *et al.*, 2010). Pisang menjadi salah satu buah dengan tingkat konsumsi yang tinggi. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia (2022) menyatakan bahwa

rata-rata konsumsi pisang yaitu 24,71 gram/kapita/hari. Tingginya jumlah konsumsi pisang sejalan dengan tingginya jumlah produksi pisang di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (2022) produksi pisang di Indonesia mencapai 9,60 juta ton pada tahun 2022. Pada umumnya masyarakat hanya mengonsumsi daging buah pisang dan membuang limbah kulit pisang sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Tingginya angka konsumsi dan produksi pisang berdampak pada jumlah limbah kulit pisang yang dihasilkan oleh buah pisang tersebut. Menurut Lumowa dan Bardin (2018) pemanfaatan kulit pisang belum dilakukan secara nyata, hanya dibuang atau digunakan sebagai pakan ternak seperti kambing, sapi, dan kerbau.

Kurangnya pemanfaatan kulit pisang dikarenakan masyarakat belum mengetahui mengenai manfaat atau kandungan yang terdapat dalam kulit pisang. Menurut Hendrawan *et al.*, (2019) kulit pisang mengandung multi nutrisi, seperti lemak, karbohidrat, dan protein. Vu *et al.*, (2018) menambahkan bahwa kulit pisang kaya akan senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik yang kadarnya tiga kali lebih tinggi dibandingkan daging buahnya. Kadar senyawa total fenoliknya mencapai 50,5 mg/g bobot kering kulit pisang yang berperan sebagai antioksidan yang memiliki kemampuan sebagai penangkal radikal bebas dan antimikroba. Pada penelitian Saputri *et al.*, (2020) menyatakan bahwa kulit pisang kepok dengan tingkat kematangan yang sangat matang memiliki IC₅₀ sebesar 68,74 ppm dan termasuk dalam kategori antioksidan kuat. Antioksidan yang kuat pada kulit pisang dapat digunakan sebagai antioksidan eksogen pada tanaman yang mengalami kekurangan antioksidan akibat kerusakan yang disebabkan oleh ROS pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan.

2.2. Kerangka berpikir

Cekaman kekeringan adalah kondisi kadar air tanah berada pada kondisi minimum untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Purwanto dan Agustono, 2010). Menurut Abdillah *et al.*, (2015) cekaman kekeringan menjadi faktor pembatas dalam peningkatan produktivitas tanaman pangan. FAO (2007) menyatakan bahwa tanaman yang mengalami kekurangan air akan mengalami stres yang menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap air untuk menggantikan

kehilangan air yang disebabkan oleh transpirasi sehingga tanaman mengalami kelayuan, gangguan pertumbuhan bahkan kematian.

Secara umum cekaman kekeringan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam berbagai aspek, diantaranya aspek anatomis, morfologis, fisiologis, maupun biokimia. Pengaruh cekaman kekeringan pada tanaman dalam aspek biokimia yaitu menyebabkan terjadinya peningkatan radikal bebas yang berupa reactive oxygen species (ROS) pada tanaman (Sulistiyani *et al.*, 2011). Menurut Lestario *et al.*, (2008) radikal bebas merupakan senyawa kimia yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan, yang memiliki sifat tidak stabil dan sangat reaktif. Senyawa ini membutuhkan elektron lain sebagai pasangan untuk mencapai kestabilan. Apel dan Hirt (2004) *dalam* Violita dan Hamim (2010) menambahkan bahwa ROS akan diproduksi terus menerus selama cekaman kekeringan. Hal tersebut karena menurunnya aktivitas enzim siklus calvin dan produksi NADP⁺ sebagai penerima elektron pada rantai transpor elektron fotosintesis terhambat sehingga dan menyebabkan terjadi penyerapan energi oleh oksigen. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya senyawa radikal bebas yang akan merusak tanaman bahkan menyebabkan kematian pada tanaman. Li *et al.*, (2019) menyatakan bahwa akumulasi ROS menyebabkan cekaman oksidatif yang berdampak pada kerusakan sel, denaturasi protein, dan DNA.

Tanaman yang mengalami peningkatan radikal bebas seperti ROS dalam cekaman kekeringan akan melakukan adaptasi dengan memproduksi senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan (Sulistiyani *et al.*, 2011). Menurut Ardiansyah *et al.*, (2014) senyawa antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau senyawa yang mampu menangkal atau meredam dampak negative oksidan dalam tubuh. Cara kerja antioksidan yaitu dengan menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam. (Sulistiyani *et al.*, 2011) menyatakan bahwa terdapat antioksidan alami pada tumbuhan, yaitu senyawa fenolik atau polifenol yang merupakan senyawa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Menurut Mancuso dan Sergey (2010) tanaman yang memiliki mekanisme antioksidan akan mereduksi ROS lebih tinggi sehingga

kandungan ROS menjadi lebih rendah dan mengurangi dampak buruk dari ROS. Produksi ROS yang berlebihan menyebabkan antioksidan dalam tanaman tidak dapat mereduksi secara maksimal sehingga dibutuhkan antioksidan dari luar atau penambahan antioksidan secara eksogen.

Menurut Zuraida *et al.*, (2017) sumber antioksidan eksogen terdapat pada tanaman. Pratiwi *et al.*, (2014) menambahkan bahwa senyawa antioksidan alami yang terdapat di tanaman diantaranya yaitu senyawa polifenol, karoten, dan vitamin. Antioksidan alami yang memiliki peranan terpenting yaitu senyawa tokoferol, asam askorbat, karotenoid, flavonoid, dan asam fenolat. Antioksidan dapat menekan pembentukan dan menetralkan ROS seperti reduksi pada ion superoksida dan mereduksi radikal bebas sehingga berperan dalam sistem biologisnya.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan antioksidan eksogen adalah dengan melakukan pemanfaatan limbah tanaman yang mengandung senyawa antioksidan. Limbah yang dapat digunakan adalah limbah kulit pisang yang diekstraksi. Hal tersebut dikarenakan kulit pisang mengandung senyawa antioksidan golongan flavonoid seperti katekin, galokatekin dan epikatekin (Supriyanti *et al.*, 2015). Kandungan senyawa antioksidan dalam kulit pisang memiliki potensi yang baik sebagai sumber antioksidan eksogen yang dapat menahan radikal bebas. Pada penelitian Supriyanti *et al.*, (2015) diketahui bahwa ekstrak kulit pisang kepok memiliki aktivitas antioksidan dan memiliki kemampuan dalam menahan radikal bebas DPPH sebesar 95,14%. Nilai IC_{50} pada kulit pisang kepok dan kulit pisang nangka dalam penelitian Rahmi *et al.*, (2022) masing-masing memiliki nilai IC_{50} sebesar 9,702 ppm dan 10,747 ppm, sehingga dikategorikan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat.

Pada penelitian Suryaman *et al.*, (2023) pemberian ekstrak kulit pisang pada kondisi cekaman salinitas berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau yang ditandai dengan meningkatnya luas daun secara signifikan yaitu pada perlakuan ekstrak kulit pisang 1% menyebabkan luas daun bertambah sebanyak 3,1%. Tanaman kacang hijau mengalami peningkatan luas daun sebesar 9,6% pada perlakuan ekstrak kulit pisang 2%. Pemberian ekstrak kulit pisang pada

tanaman kacang hijau juga memiliki potensi terhadap peningkatan bobot polong sebesar 7,2 hingga 10,1% dan menambah bobot biji sebesar 2,5 hingga 10% dibandingkan dengan kontrol.

Penelitian mengenai potensi antioksidan ekstrak kulit pisang pada kondisi cekaman kekeringan belum diketahui efektivitasnya. Hal tersebut mendasari penulis untuk melakukan percobaan mengenai respon pertumbuhan dan hasil tomat terhadap cekaman kekeringan dengan pemberian antioksidan ekstrak kulit pisang.

2.3. Hipotesis

Berdasarkan uraian diatas, diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Pertumbuhan dan hasil tomat merespon terhadap interaksi konsentrasi antioksidan ekstrak kulit pisang pada kondisi cekaman kekeringan.
2. Diketahui pertumbuhan dan hasil yang paling respon terhadap konsentrasi antioksidan ekstrak kulit pisang pada kondisi cekaman kekeringan.