

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Padi tanaman C3

Berdasarkan jalur fotosintesisnya, tanaman padi merupakan tanaman C3 yang memiliki habitus yang pendek, tegak, dengan kanopi rapat (Turmudi, 2002). Gardner, Franklin P, R Brent Pearce dan Roger L. Mitchell (2008) menyatakan bahwa anatomi tanaman C3 tidak mempunyai kloroplas dalam sel-sel seludang ikatan pembuluh. Tanaman C3 mampu beradaptasi dalam kondisi sejuk dan lembab ke kondisi panas dan lembab. Menurut Salisbusry dan Ross (1995) tanaman C3 memiliki sel-seludang pembuluh yang lebih tersamar, sel seludang pembuluh mengandung organel sedikit dan kloroplas agak kecil, sehingga dengan mikroskop cahaya tampak seperti kosong.

Menurut Taiz dan Zeiger (2006) tipe fotosintesis ini dikenal dengan siklus C3 karena senyawa stabil yang terbentuk pertama kali dalam pengikatan CO₂ merupakan senyawa berkarbon 3, yaitu senyawa 3-fosfoglisarat (PGA) atau dikenal dengan siklus calvin. Pada tanaman C3, enzim yang menyatukan CO₂ dengan RuBP (RuBP merupakan substrat untuk pembentukan karbohidrat dalam proses fotosintesis) dalam proses awal asimilasi, juga dapat mengikat O₂ pada saat yang bersamaan untuk proses fotorespirasi (fotorespirasi adalah proses pembongkaran karbohidrat untuk menghasilkan energi dan hasil samping, yang terjadi pada siang hari). Jika konsentrasi CO₂ di atmosfer ditingkatkan, hasil dari kompetisi antara CO₂ dan O₂ akan lebih menguntungkan CO₂, sehingga fotorespirasi terhambat dan asimilasi akan bertambah besar.

Fitter dan Hay (1992) menyatakan bahwa tumbuhan C3 dapat hidup dengan baik pada suhu rendah, yaitu pada suhu sekitar 10°C – 25°C. Dalam keadaan kekeringan, spesies C3 umumnya memiliki kadar air relatif daun yang lebih rendah dari pada tanaman C4. Penurunan kadar air relatif diikuti oleh kehilangan turgor daun dan akhirnya terjadi kelayuan, penutupan stomata, penurunan fotosintesis, dan mempengaruhi proses metabolisme dasar lainnya. Long (1999) dalam Arifai (2009) menyatakan bahwa padi gogo merupakan tipe padi lahan kering yang relatif toleran tanpa penggenangan seperti di sawah,

walaupun demikian padi sebagai tanaman C3 masih kurang efisien dalam pemanfaatan air dibanding tanaman C4.

2.2. Stadia pertumbuhan tanaman padi

Stadia proses pertumbuhan tanaman padi menurut Herawati (2012) secara umum dibagi menjadi tiga proses yaitu vegetatif, reproduktif, dan stadia pembentukan gabah atau biji. Stadia vegetatif dimulai dari perkecambahan sampai terbentuknya bulir. Stadia vegetatif varietas padi berumur pendek (120 hari) berlangsung sekitar 55 hari, sedangkan pada varietas padi berumur panjang (150 hari) berlangsung sekitar 85 hari. Stadia reproduktif dimulai dari terbentuknya bulir sampai pembungaan. Stadia reproduktif varietas tanaman padi berumur pendek dan berumur panjang berlangsung sekitar 35 hari. Stadia pembentukan gabah atau biji dimulai dari pembungaan sampai pemasakan biji dan berlangsung sekitar 30 hari, baik untuk varietas padi berumur pendek maupun berumur panjang.

Stadia proses pertumbuhan padi secara rinci di bagi dalam sepuluh stadia. Stadia 0 dimulai dari perkecambahan sampai daun pertama muncul . Stadia 1 merupakan stadia bibit yang berlangsung selama 3 minggu, stadia ini dimulai dari kemunculan daun pertama sampai anakan pertama. Pada stadia ini akar seminal dan lima daun terbentuk. Kemunculan akar sekunder membentuk sistem perakaran serabut permanen dengan cepat menggantikan radikula dan akar sementara. Stadia 2 merupakan stadia anakan. Stadia anakan berlangsung ketika jumlah anakan semakin bertambah sampai batas maksimum, setelah anakan maksimal tercapai sebagian dari anakan akan mati dan tidak menghasilkan malai, anakan tersebut dinamakan anakan tidak efektif. Stadia ini berlangsung selama 2 minggu atau saat padi berumur 40 hari. Stadia 3 merupakan stadia perpanjangan batang terjadi sebelum pembentukan malai atau pada tahap akhir pembentukan anakan. Stadia ini berlangsung sekitar 10 hari sampai bulir padi terbentuk. Stadia 4 merupakan pembentukan malai samapai bunting. Saat malai terus berkembang bulir mulai terlihat dan dapat dibedakan. Malai muda meningkat dalam ukuran dan berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera menyebabkan pelepah

daun mengembung. Peggembungan daun bendera ini disebut bunting. Stadia 5 merupakan *heading* (keluarnya bunga atau malai) ditandai dengan munculnya ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang sampai keluar seutuhnya dari pelepah daun. Stadia 6 merupakan stadia pembungaan dimulai ketika benangsari bunga yang paling ujung pada tiap cabang malai telah tampak keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan. Pada pembungaan kelopak bunga terbuka *antera* menyembul keluar dari kelopak bunga karena pemanjangan *stamen* dan serbuk sari tumpah, kelopak bunga kemudian menutup. Waktu yang diperlukan untuk stadia pembungaan adalah 10 hari. Stadia 7 berlangsung selama 2 minggu, pada stadia ini biji berisi cairan menyerupai susu dan bulir berwarna hijau, malai berwarna hijau dan mulai merunduk. Daun bendera dan dua daun di bawahnya tetap hijau. Stadia 8 berlangsung selama 2 minggu, biji yang lembek mulai mengeras dan berwarna kuning sehingga seluruh pertanaman kelihatan kekuningan. Pelayuan (*senescense*) dari anakan dan daun di bagian dasar tanaman nampak jelas. Pertanaman terlihat menguning. Seiring menguningnya malai, ujung dua daun terakhir pada setiap anakan akan mulai mengering. Stadia 9 merupakan stadia akhir yaitu stadia pemasakan biji. Stadia ini berlangsung selama 2 minggu. Ciri dari stadia ini adalah biji berukuran sempurna, keras, berwarna kuning dan bulir mulai merunduk (Suyamto *et al.*, 2009).

2.3. Jagung tanaman C4

Turmudi (2002) menyatakan jagung adalah tanaman golongan C4 menghendaki pencahayaan secara langsung, memiliki habitus tinggi, tegak, dan tidak bercabang dengan kanopi renggang, sehingga memungkinkan tanaman ini dan dapat memberikan kesempatan bagi tanaman lain tumbuh dibawahnya. Gardner *et al.* (1991) menyatakan tanaman C4 ditinjau dari kondisi lingkungan dapat beradaptasi dalam kondisi panas, kering atau lembab. Faktor utama yang menyebabkan peningkatan efisiensi fotosintesis spesies C4 adalah tidak adanya fotorespirasi (respirasi dalam cahaya) yang dapat di ukur.

Fitter *et al.* (1992) menyatakan bahwa enzim yang mengikat CO² pada tanaman C4 adalah PEP karboksilase. Tanaman C4 memiliki respirasi cahaya yang rendah dan temperatur yang optimum adalah 30°C - 40°C. Hasil tanaman C4 secara fisiologis memiliki kejenuhan intensitas cahaya yang tinggi, temperatur optimum, dan kemampuan mengurangi konsentrasi CO² pada ruang-ruang mesophyl sampai tingkat yang sangat rendah, sehingga meningkatkan kecepatan diffusi CO² dalam fotosintesis pada intensitas cahaya yang tinggi. Fungsi jalur C4 adalah mengasimilasi kembali CO² yang dihasilkan oleh respirasi cahaya. Ardi dan Firdaus (2007) menyatakan bahwa sifat yang menguntungkan dari jagung sebagai tanaman C4 antara lain aktifitas fotosintesis pada keadaan normal relatif tinggi, fotorespirasi rendah, transpirasi serta efisien dalam penggunaan air. Sifat-sifat tersebut merupakan sifat fisiologis dan anatomis yang sangat menguntungkan dalam kaitannya dengan hasil.

2.4.Fase pertumbuhan tanaman jagung

Pertumbuhan tanaman jagung menurut Subekti, Syafruddin, Efendi dan Sunarti (2010) dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu fase perkecambahan, fase pertumbuhan vegetatif dan fase reproduktif. Fase perkecambahan dimulai saat proses imbibisi air yang ditandai dengan pembengkakan biji sampai dengan sebelum daun pertama muncul. Fase vegetatif dimulai pada saat daun pertama terbuka sempurna sampai tasseling dan sebelum bunga betina (*silking*) muncul dan fase reproduktif yaitu fase pertumbuhan setelah *silking* sampai masak fisiologis .

Pertumbuhan tanaman jagung setelah fase perkecambahan menurut Subekti *et al.* (2010) melewati beberapa fase yaitu: fase V3-V5, fase V6-V10, fase V11- Vn, fase *tasseling*, fase R1 (*silking*), fase R2 (*blister*), fase R3 (masak susu), fase R4 (*dough*), fase R5 (pengerasan biji) dan fase R6 (masak fisiologis). Fase V3-V5 sampai fase *tasseling* merupakan bagian dari fase vegetatif. Fase generatif dimulai sebelum fase *silking* sampai masak fisiologis.

Fase V3-V5 merupakan fase dimana jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5 helai dan berlangsung saat tanaman berumur antara 10-18 hari setelah

berkecambah. Fase V6-V10 merupakan fase dimana jumlah daun terbuka sempurna 6 -10 dan berlangsung saat tanaman berumur antara 18 - 35 hari setelah berkecambah. Titik tumbuh sudah di atas permukaan tanah, perkembangan akar dan penyebarannya di tanah sangat cepat, dan pemanjangan batang meningkat dengan cepat. Fase V11 - Vn merupakan fase dimana jumlah daun terbuka sempurna 11 sampai daun terakhir 15 - 18. Fase Tasseling merupakan fase munculnya bunga jantan. Fase tasseling biasanya berkisar antara 45 - 52 hari, ditandai oleh adanya cabang terakhir dari bunga jantan sebelum kemunculan bunga betina (*silk* atau rambut tongkol). Tahap ini dimulai 2 - 3 hari sebelum rambut tongkol muncul, di mana pada periode ini tinggi tanaman hampir mencapai maksimum dan mulai menyebarkan serbuk sari (Subekti *et al.*, 2010).

Fase generatif meliputi beberapa fase yaitu R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Fase R1 (*silking*) diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot. Rambut tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2-3 hari. Fase R2 (*blister*) muncul sekitar 10-14 hari setelah silking, rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih melepuh, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen. Fase R3 terbentuk 18 -22 hari setelah *silking*. Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Fase R4 (*dough*) mulai terjadi 24-28 hari setelah *silking*. Bagian dalam biji seperti pasta (belum mengeras). Fase R5 merupakan fase pengerasan biji. Fase ini akan terbentuk 35-42 hari setelah *silking*. Fase R6 merupakan tahap masak fisiologis dan terjadi 55-65 hari setelah *silking*. Pada tahap ini, biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Pembentukan lapisan hitam (*black layer*) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol (Subekti *et al.*, 2010).

2.5. Tumpangsari

Pengertian tumpangsari menurut Cahyono (2007) adalah penanaman lebih dari satu tanaman dalam satu luasan tertentu dengan umur tanaman sama atau berbeda dan jarak tanam teratur. Menurut Guritno (2012) tumpangsari adalah penanaman dua jenis tanaman atau lebih yang dilakukan secara bersama-sama dalam sebidang lahan yang sama. Manfaat tumpangsari menurut Rusliyadi (2007) adalah dapat meningkatkan produktivitas lahan dan akan menjamin penutupan tanah sepanjang tahun dan dapat mengurangi erosi. Wahdiati (1990) menyatakan bahwa tumpangsari memiliki keuntungan produktivitas lahan tinggi, mengurangi resiko kegagalan panen, efisiensi dalam penggunaan sarana dan produksi, penekanan gulma dan mengurangi erosi. Tumpangsari juga memiliki kelemahan yaitu mekanisasi lebih sulit dilakukan dan kualitas maupun kuantitas produksi perkomoditi cenderung menurun karena persaingan.

Sitompul dan Guritno (1995) menyatakan bahwa kompetisi merupakan suatu proses partisi sumberdaya lingkungan yang terdapat dalam keadaan yang kurang yang disebabkan oleh kebutuhan serentak dari individu-individu tanaman yang dapat membawa kepada tingkat pengurangan tingkat pertumbuhan dari kapasitas reproduksinya. Faktor yang menyebabkan kompetisi adalah kehadiran suatu individu atau kelompok tanaman lain dan kuantitas faktor pertumbuhan yang tersedia, dan kompetisi terjadi apabila ketersediaan faktor pertumbuhan terbatas.

Jenis kompetisi meliputi kompetisi intra spesies, inter spesies dan intra tanaman. Kompetisi intra spesies adalah kompetisi antara tanaman dari varietas atau spesies yang sama, kompetisi inter spesies merupakan kompetisi antara tanaman dari varietas atau spesies yang berbeda sedangkan kompetisi intra tanaman merupakan kompetisi diantara bagian-bagian tanaman pada suatu tanaman yang sama. Kompetisi memiliki beberapa pengaruh terhadap tanaman yang ditumpangsarikan yaitu saling menghambat, saling bekerja sama atau kompensasi. Saling menghambat (*mutual inhibition*) merupakan kompetisi yang mengakibatkan hasil sesungguhnya dari masing-masing spesies tanaman lebih

besar dari hasil yang diharapkan. Saling kerjasama (*mutual cooperation*) adalah kompetisi mengakibatkan hasil sesungguhnya dari masing-masing tanaman lebih besar dari hasil yang diharapkan. Sedangkan kompensasi merupakan kompetisi yang mengakibatkan hasil sesungguhnya lebih rendah dari hasil yang diharapkan untuk suatu spesies, sebaliknya lebih tinggi dari hasil yang diharapkan untuk spesies yang lain (Sitompul *et al.*, 1995)

Tanaman akan dapat tumbuh dan memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan apabila syarat tumbuh tanaman tersebut dipenuhi. Cahaya merupakan salah satu unsur iklim penting yang diperlukan tanaman dalam proses fotosintesis sehingga akan mempengaruhi penyediaan asimilat pada organ-organ tertentu pada tanaman. Setiap kelompok tanaman memiliki sekumpulan ciri khas berbeda, baik ditinjau dari fisiologi maupun anatomi. Kompetisi terhadap faktor tumbuh yang jumlahnya terbatas pada sistem tumpangsari dapat diperkecil dengan pemilihan jenis tanaman, pengaturan jarak tanam, waktu tanam, populasi tanaman, dan perhatian terhadap tinggi serta umur tanaman yang ditumpangsarikan (Durma, 2010).

Syarat tanaman yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam sistem tumpangsari menurut Durma (2010) adalah tanaman yang mempunyai tipe pertumbuhan yang pendek, mahkota daun kecil, tidak banyak cabang, umur genjah, tahan terhadap serangan hama dan penyakit, hasil tinggi dan tidak peka terhadap lamanya penyinaran matahari. Sifat tipe pertumbuhan pendek, mahkota daun kecil dan tidak banyak cabang merupakan sifat yang dapat menunjang penyusunan sistem tumpangsari karena tanaman yang bersifat seperti ini apabila dikombinasikan sedikit menghalangi sinar matahari tanaman di bawahnya. Pemilihan tipe tanaman juga penting diperhatikan disamping penggunaan jarak tanam dan waktu tanam yang tepat. Tanaman tipe C4 memerlukan matahari penuh, sementara tipe tanaman C3 memerlukan lama penyinaran lebih pendek dan tahan naungan. Tumpangsari jagung (C4) dengan kacang-kacangan (C3) memberikan pengaruh yang komplementer bagi pertumbuhan kedua jenis tanaman tersebut. Hal itu disebabkan oleh kombinasi tipe tanaman yang ideal,

juga karena postur tanaman jagung yang lebih tinggi sedangkan tanaman kacang-kacangan lebih pendek dan tahan terhadap naungan.

2.6. Tumpangsari tanaman padi gogo dengan tanaman jagung

Tumpangsari tanaman padi gogo dan tanaman jagung dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan mengurangi resiko kegagalan panen. Menurut Balai Penelitian Tanaman Pangan Lampung (2002) peningkatan produktivitas lahan kering beriklim basah yang memiliki topografi miring atau bergelombang dapat dilakukan penanaman tumpangsari tanaman padi gogo dan tanaman jagung. Penanaman benih padi gogo dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara tugal dan larikan. Penanaman dengan cara tugal dilakukan dengan jarak tanam 40 cm x 10 cm dengan jumlah benih per lubang adalah 3-4 benih, sedangkan penanaman dengan cara larikan adalah dengan membuat alur sedalam 3 cm dengan jarak antar alur 40 cm dan benih ditaburkan sepanjang alur. Benih jagung ditanam dengan cara tugal 2 biji per lubang dengan jarak tanam 150 cm x 40 cm.

Pola tanam tumpangsari tanaman padi gogo dengan tanaman semusim mengakibatkan produksi tanaman padi gogo tidak maksimal, tetapi ada keuntungan lain berupa hasil dari tanaman selain tanaman padi dan secara keseluruhan akan lebih menguntungkan dan menjamin stabilitas hasil usahatani yang diperoleh (Toha, 2005). Kendala dalam tumpangsari tanaman padi gogo adalah defisit cahaya yang sampai di kanopi tanaman padi. Batas maksimum naungan tanaman padi menurut Soepandi (2003) dalam Toha (2005) adalah 50% . Menurut hasil penelitian Rusliyadi (2007) jarak tanam yang terbaik untuk tumpangsari tanaman padi gogo dan tanaman jagung adalah 200 cm x 50 cm dengan nilai Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL) sebesar 1,463. Penelitian lain yang dilakukan oleh Sasmita, Bambang S. Purwoko, S. Sujiprihati, Hanarida , I. S. Dewi dan M.A Chozin (2006) mengenai pertumbuhan dan produksi padi gogo haploid ganda toleran naungan dalam sistem tanam tumpangsari menggunakan beberapa galur padi gogo haploid ganda yaitu GI-8, IG-19, dan IW-56 dan padi varietas Jatiluhur sebagai kontrol menunjukkan bahwa hasil galur padi gogo

haploid ganda memiliki konsistensi toleran naungan dan adaptasi yang ditunjukkan kesamaan respon dengan tanaman kontrol.

Penelitian yang dilaksanakan oleh Bari A., Endang Sjamsudin dan Sugeng Sudiarto (1997) dengan judul Pemilihan Bahan Pemuliaan Padi untuk Pembentukan Varietas Unggul Diskriminatif Tumpangsari : Padi + Jagung + Ubikayu dilahan Kering II . Stabilitas Relatif Hasil Gabah dengan menggunakan 3 benih padi terpilih yaitu B6136-3-Tb-0-1-5, Tb154e-Tb-1 dan Tb47h-Mr17, dan entri padi lokal yang biasa digunakan oleh petani yaitu padi Klemas, jagung lokal Arjuna (JK) dan ubi kayu lokal adalah Bogor putih (UK). Percobaan dilakukan di Kebun Muara Bogor menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Dari hasil percobaan tersebut diperoleh Tb154e-Tb-1 dan Tb47h-Mr17 memiliki stabilitas hasil gabah kering yang baik. Kombinasi tumpangsari Tb154e-Tb-1 + jagung Arjuna lokal (JK) + ubi kayu lokal bogor putih (UK) dapat menggantikan padi klemas + jagung Arjuna lokal (JK)+ ubi kayu lokal adalah bogor putih (UK) dalam peningkatan hasil gabah kering.

Penelitian tumpangsari padi gogo dengan jagung juga dilakukan oleh Solaeman (2007) dengan judul Efektivitas Pupuk Kandang Dalam Meningkatkan Ketersediaan Fosfat, Pertumbuhan Dan Hasil Padi Dan Jagung Pada Lahan Kering Masam. Penelitian dilaksanakan di Tamanbogo Lampung Timur dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah 15 t pupuk kandang + residu fosfat alam, 15 t ha⁻¹ + pupuk kandang + 150 kg ha⁻¹ sp36 dan tanpa pupuk kandang + 150 kg ha⁻¹ sp 36. Padi gogo yang digunakan adalah kultivar Batugegi dan ditanam dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm dan jagung kultivar Sukmaraga dengan jarak tanam 200 cm x 40 cm. Dari hasil percobaan tersebut diperoleh hasil residu fosfat alam + 15 t ha⁻¹ + pupuk kandang meningkatkan rata-rata bobot biomas padi gogo sebesar 45,17% dan bobot biomas jagung sebesar 49,23%.