

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *The System of Rice Intensification (SRI)*

Pertanian padi sawah dengan metode SRI merupakan sistem pertanian dengan manajemen penggunaan hemat air, penanaman bibit umur muda, jarak tanam yang longgar dan mengurangi penggunaan pupuk kimia. Penerapan metode SRI menggunakan sedikit air dibanding penanaman padi sawah konvensional, dimana air tidak tergenang dan diberi periode pengeringan (CIIFAD, 2001).

Pada tahun 1980 Hendri de Lauline memperkenalkan teknologi budidaya padi sawah untuk meningkatkan produktivitasnya dengan cara yang kurang lazim jika dibandingkan dengan yang selama ini diterapkan, yaitu menanam padi sawah dengan penggunaan air minimal, pada fase-fase pertumbuhan tertentu seperti layaknya padi darat (tidak tergenang), dikenal dengan metode SRI (*The System of Rice Intensification*) yang pertama kali diuji di Madagaskar. Sejak tahun 1999 SRI dikembangkan di luar Madagaskar yang pertama di Universitas Pertanian Nanjing di China, selanjutnya melalui *Agency for Agricultural Research dan Development* di Indonesia dan beberapa negara lainnya dengan hasil yang positif (Uphoff, Rafaralaby dan Rabendanrasana, 2002a). Balitpa Sukamandi mengembangkan teknologi ICM (*Integrated Crop Management*) untuk meningkatkan produktivitas padi sawah di antara komponennya adalah pengelolaan irigasi secara *intermittent* (Las, 2004).

Konsep SRI merubah teknologi budidaya tanaman padi sawah yang selama ini dilakukan, menjadi konsep teknologi budidaya baru yang menimbulkan pengaruh sinergis dari beberapa komponen utamanya, sehingga mampu meningkatkan produktivitas tanaman padi sawah. Pengalaman di Madagaskar lebih dari 10 tahun menunjukkan bahwa metode SRI sesuai untuk semua varietas yang direkomendasikan. Melalui pengelolaan tanaman, tanah, air dan nutrisi dengan menggunakan varietas moderen yang memiliki daya hasil tinggi dapat memberikan hasil hingga 15 sampai 20 ton per hektar bahkan lebih. Hasil yang tinggi tersebut tergantung dengan

keterampilan petani terutama dalam membangun kesuburan tanah, pengelolaan air dan nutrisi (Uphoff, Yang, Gypmantasiri, Prinz, dan Kabir, 2002b).

Menurut Uphoff *et al.*, (2002a) ada empat komponen utama dan dua komponen tambahan (sebagian petani ada yang melakukannya pada sistem konvensional) dalam penerapan SRI dan mereka bersinergi antara yang satu dengan lainnya untuk mendukung pertumbuhan tanaman padi secara optimal. Keenam komponen tersebut meliputi: 1). Pemindahan bibit pada umur yang relatif masih muda; 2). Penanaman dilakukan 1 bibit per titik; 3). Menggunakan jarak tanam yang lebar, jarak tanam yang biasa digunakan 25 x 25 cm, 30x30 cm, 40x40 cm atau 50x50 cm; 4). Kondisi tanah diupayakan tetap lembab tetapi tidak tergenang selama fase vegetatif. Kondisi lahan sawah yang tergenang mengakibatkan tanah kekurangan oksigen, yang tidak ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan akar. Pada tanah yang tergenang air, pada akar padi akan terbentuk kantung udara (*aerenchyma*) yang berfungsi menyalurkan oksigen ke akar dalam kondisi tergenang, proses ini akan banyak membutuhkan energi yang seharusnya energi tersebut dapat digunakan untuk membangun pertumbuhan tanaman; 5). Penggemburan (pendangiran) tanah. Kegiatan ini dilakukan untuk memperbaiki struktur dan aerasi tanah sekaligus untuk mengendalikan gulma. Pendangiran minimal dilakukan 2-3 kali dengan interval 10 hari, dimulai pada saat tanaman berumur 10 hari setelah *transplanting*; dan 6). Menambahkan bahan organik. Bahan organik dapat berupa pupuk kandang, kompos dan pupuk hijau. Bahan organik secara perlahan-lahan dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

Budidaya SRI memperlakukan tanaman padi bukan sebagai tanaman air, oleh sebab itu ukuran produktivitasnya adalah dengan pengukuran dari potensial jumlah penyelesaian fitokron selama pertanaman. Berdasarkan ukuran fitokron tersebut, maka pemindahan bibit SRI dilaksanakan pada umur bibit sangat muda yakni antara umur 7 sampai 15 hari setelah semai. Satu periode terbentuknya seperangkat anakan padi lengkap dengan sistem perakaran dan daun disebut dengan satu fitokron. Semakin tua bibit yang ditanam ke lapangan semakin sedikit fitokron yang dapat diselesaikan, sebaliknya semakin mudah bibit ditanam ke lapangan semakin banyak

anakan yang dapat dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut maka penanaman padi dengan SRI ditetapkan satu bibit satu lobang. Dengan demikian penggunaan benih SRI lebih sedikit dibandingkan dengan budidaya konvensional. Selanjutnya Berkelaar (2008) menyatakan bahwa bila kondisi lahan sawah optimal, filokron dalam padi lamanya lima sampai tujuh hari, meski dapat lebih singkat pada temperatur lebih tinggi. Di bawah kondisi yang bagus, fase vegetatif tanaman padi dapat berlangsung selama 12 folokron sebelum tanaman mulai menumbuhkan malai dan masuk ke fase pembungaan. Ini mungkin dilakukan ketika pertumbuhan dipercepat, sehingga banyak filokron sudah tercapai sebelum inisiasi malai.

Menurut Mutakin (2005) SRI menguntungkan untuk petani, karena produksi meningkat sampai 10 ton/ha, selain itu karena tidak mempergunakan pupuk dan pestisida kimia, tanah menjadi gembur, mikroorganisme tanah meningkat jadi ramah lingkungan. Untuk mempercepat penyebaran metode SRI perlu dukungan dengan kebijakan pemerintah pusat maupun daerah.

2.2. Pengelolaan Air pada Padi Sawah

Air merupakan sumberdaya alam yang keberadaannya semakin bermasalah ke depan bagi peruntukan pertanian, karena: (a) ketersediaan air untuk sektor pertanian relatif semakin berkurang akibat kompetisi dengan keperluan rumah tangga dan industri, (b) kerusakan tata hidrologi kawasan yang berdampak semakin rendahnya proporsi air hujan yang tersediakan bagi cadangan air, dan (c) adanya perubahan cuaca yang kurang menguntungkan. Sehubungan dengan hal itu pengelolaan air perlu semakin mendapat perhatian besar, menyangkut teknik konservasi dan jumlah pemberian air sampai kondisi kapasitas lapang yang dapat meningkatkan efisiensi pemakaian air irigasi pompa dan biaya (<http://balitsereal.litbang.deptan.go.id>).

Sejak tahun 1980-an kebutuhan air untuk industri, urban dan domestik (rumah tangga) serta pertanian terus meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Las (2004), tingginya aktivitas manusia, baik pada bidang industri, rumah tangga, dan pertanian menyebabkan ketersediaan air semakin terbatas, sehingga sudah saatnya

menggunakan sumberdaya air pada segala sektor kehidupan secara efisien termasuk untuk kegiatan pertanian, khususnya pada budidaya tanama padi sawah.

Budidaya padi sawah secara konvensional umumnya menggunakan air dalam jumlah yang besar, karena penggenangan sawah dilaksanakan selama pertumbuhan padi kecuali pada saat akan panen. Sampai sekarang masyarakat masih banyak yang berprinsip bahwa padi sawah sangat identik dengan lahan yang tergenang, jika air tidak cukup untuk menggenangi lahan maka pertumbuhan akan jelek dan hasil padi akan turun. Pada hal telah lama diterapkan budidaya padi sawah hemat air, bahkan di Indonesia telah terbukti dengan produktivitas yang sangat tinggi dibandingkan dengan budidaya konvensional. Menurut Helmi (1999), aplikasi teknologi budidaya padi sawah hemat air belum dilakukan secara luas, padahal ketersediaan air sangat terbatas dibandingkan dengan permintaan, dan perlu biaya untuk penyediaannya.

Air merupakan komponen yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, tetapi dalam kebutuhan tersebut memiliki kapasitas masing-masing organisme. Menurut Gardner, Pearce, dan Mitchell (1985), fungsi air bagi tanaman adalah sebagai media untuk berlangsungnya reaksi kimia, sebagai media transpor larutan organik dan anorganik, untuk menjaga turgor sel tanaman, membantu menjaga struktur enzim dan memfasilitasi fungsi katalisnya, sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis dan reaksi kimia lainnya, dan menjaga stabilitas suhu tanaman.

Kebutuhan air untuk tanaman padi dimulai sejak awal perkecambahan, yaitu selama 24 jam pertama jumlah air yang diserap benih untuk mulai proses perkecambahannya sebanyak 15-17 ml per benih (Wuest, 2002). Seperti halnya tanaman pada umumnya tanaman padi sawah, air dibutuhkan dalam proses metabolisme sel (Ines, Gupta dan Loof, 2002), disamping itu juga dihubungkan dengan sifat fisiologi tanaman padi untuk beradaptasi dengan lingkungan perakarannya (Sanchez, 1992).

Kebutuhan air untuk tanaman padi sawah secara normal, didefinisikan sebagai banyaknya air yang dibutuhkan untuk mengganti kehilangan sejumlah air di areal pertanaman akibat proses evapotranspirasi (Doorenbos dan Pruitt, 1975). Rata-rata

evapotranspirasi harian pada lahan pertanian padi sawah di daerah tropis sekitar 42.000 liter hektar⁻¹ (Allen, Pereira, Raes, dan Smith, 1998).

Satu hal yang paling krusial dalam metode SRI adalah penggunaan air yang lebih sedikit (lahan cukup air untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi namun tidak tergenang) dibandingkan dengan metode konvensional yang cenderung menggenangi lahan hampir pada seluruh periode pertumbuhan tanaman. Pengurangan penggunaan air dan tidak menggunakan input dari luar secara berlebihan pada SRI, sehingga metode ini sesuai dengan konsep LEISA (Low External Input Sustainable Agriculture) dan hemat dalam pemanfaatan sumberdaya air (Moser dan Barrett, 2002).

Menurut Uphoff *et al.*, (2002a), salah satu komponen utama yang sangat penting dalam penerapan SRI adalah pengaturan hemat air dalam budidaya padi sawah dimana kondisi tanah diupayakan tetap lembab tetapi tidak tergenang selama fase vegetatif, selanjutnya setelah *heading* digenangi air 1-2 cm dan dikeringkan secara tuntas 10-20 hari sebelum panen. Air yang menggenang membuat tanah menjadi hypoxic (kekurangan oksigen), kondisi demikian tidak ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan akar. Akar padi akan mengalami penurunan bila tanah digenangi air, hingga 75% total akar saat tanaman mencapai masa heading. Keadaan ini disebut senescence yang merupakan proses alami, namun sebenarnya tanaman sulit bernafas, sehingga menghambat fungsi dan pertumbuhan tanaman. Pada tanah yang tergenang air, pada akar padi akan terbentuk kantung udara (*aerenchyma*) yang berfungsi menyalurkan oksigen ke akar dalam kondisi tergenang. Namun kantung udara ini mengambil 30-40% korteks akar, sehingga berpotensi menghentikan penyaluran nutrisi dari akar ke seluruh bagian tanaman.

Penerapan hemat air pada SRI diterapkan secara berbeda dari masing-masing tempat dan kurang jelas kondisi tanah/lahan yang sebenarnya. Menurut Uphoff, *et al* (2002a) metode SRI yang pertama kali diterapkan di Madagaskar tentang kondisi tanah lembab ditandai dengan tanah tidak tergenang sampai rengkah. Menurut Las (2004), Balitpa Sukamandi mengembangkan teknologi ICM (Integrated Crop

Management) merupakan modifikasi dari SRI untuk meningkatkan produktivitas padi sawah diantara komponennya adalah pengelolaan irigasi secara *intermittent*, dimana tanah macak-macak dibiarkan sampai retak-retak. Selanjutnya menurut Kasim (2005), komponen pengelolaan hemat air dalam budidaya SRI ditandai dengan tanah retak rambut.

Penelitian tentang mengendalikan kelebihan air pada sistem SRI merupakan hal yang sangat penting, agar air tidak terbuang percuma dan membawa hara ke luar dari lahan. Pengendalian kelebihan air lebih setelah pengolahan tanah dibuat parit/saluran penampung pada sisi-sisi tanaman dan air dapat ditampung didalamnya. Air dalam parit/saluran diharapkan akan dapat memberi kelembaban yang stabil ke tanah yang melalui rembesan lateral, sehingga tanah pada musim kemarau tidak kering dan retak-retak. Menurut hasil penelitian Arbain, Mardana dan Sudana (2008), menyatakan bahwa jarak rembesan lateral yang optimal adalah kurang lebih 125 -250 m dari sumbernya.

2.3. Jaringan Aerenchyma

Aerenchyma merupakan jaringan tanaman berbentuk saluran yang berisi udara dan dijumpai antara selular yang banyak terdapat pada tumbuhan hidup di air atau akar tumbuhan/tanaman yang terendam air. Pada species tanaman yang biasa hidup di lahan kering, jika tanahnya tergenang air dalam periode yang relatif lama, maka jaringan aerenchyma ini dapat juga muncul pada akar dan tunas agar tanaman itu bisa bertahan hidup dan berkembang. Disamping itu penyebab terbentuk jaringan aerenchyma dapat juga disebabkan oleh kondisi stres, seperti suhu tinggi dan kekurangan hara

(<http://www.hort.iastate.edu/pages/news/turfrpt/2000/deyingreprt.html>).

Sachs pada tahun 1882 pertama kali mengidentifikasi jaringan aerenchyma, kemudian De Bary pada tahun 1884 menemukan mekanisme terbentuknya aerenchyma yang disebut dengan Lysigenous dan schizogenous. Jaringan aerenchyma yang terbentuk secara lysigenous terdapat pada tanaman penting seperti tanaman gandum yang ditemukan oleh Arikado & Adachi pada tahun 1955 dan Trought & Drew

pada tahun 1980, tanaman padi oleh Justin & Armstrong pada tahun 1991, dan jagung oleh He *et al.*, pada tahun 1996. Jaringan aerenchyma yang terbentuk secara schizogenous terdapat pada tumbuhan yang biasa hidup di lahan basah seperti Rumex. Gabungan kedua lysigenous dan schizogenous dijumpai pada *Sagittaria lancifolia*, hal ini diketemukan oleh Schussler *et al.*, pada tahun 1997 (Gunawardena *et al.*, 2001).

Aerenchyma schizogenous terjadi karena terbentuknya ruang udara selama perkembangan jaringan tanpa kematian sel. Ruang udara dibentuk oleh pertumbuhan diferensiasi dengan memisahkan sel yang bersebelahan satu sama lain. Pembentukan ruang udara ini terjadinya sel-sel kortikal khusus yang memisahkan dan memperbesar diri. Schizogenous aerenchyma terjadi pada banyak spesies, bukan saja terjadi di lahan basah, tetapi juga disebabkan oleh faktor lain, namun demikian yang sering terjadi pada kondisi hipoksia yang membentuk jaringan aerenchyma lebih luas dibandingkan dengan yang disebabkan faktor lain (Visser *et al.*, 2003).

Pembentukan aerenchyma lysigenous berasal dari kematian sel dalam kortek, proses kematian sel tersebut diasumsikan dimulai secara internal sebagai bagian dari pembangunan. Dalam beberapa kasus, sel-sel yang mati dikonstruksi sehingga terbentuknya aerenchyma. Pada akar jagung yang hidup di tanah rawa, aerenchyma yang terbentuk berasal dari proses nekrosis yang disebabkan oleh terakumulasinya etilen dalam jaringan (Jackson, 1985). Etilen baik dalam bentuk endogen atau eksogen dalam kortek dapat menginduksi pembentukan aerenchyma dalam sejumlah spesies (Jackson & Armstrong, 1999; Gunawardena *et al.*, 2001).

Menurut (Ha *et al.*, 1994), jika akar tanaman jagung terendam air akan terjadi kekurangan oksigen yang menyebabkan tanaman akan merangsang untuk memproduksi etilen sehingga konsentrasi etilen menjadi tinggi. Etilen inilah yang menyebabkan sel-sel dalam kortek menjadi mati dan terbentuklah jaringan aerenchyma.

Mano *et al.* (2005) melihat variasi perkembangan aerenchyma jagung ditanam pada lahan kering dan di lahan tergenang dengan memakai ukuran skor: akar jagung yang tidak terbentuk aerenchyma diberi skor 0; aerenchyma terbentuk parsial diberi

skor 0,5 atau sebanding dengan kurang lebih 10 % aerenchyma dalam kortek; aerenchyma terbentuk radial atau sebanding dengan kurang lebih 20 %; aerenchyma terbentuk radial memanjang ke epidermis atau sebanding dengan kurang lebih 35 %; aerenchyma terbentuk dengan baik atau sebanding dengan lebih dari 35 % (Gambar 4).

Menurut (Eric Visser di <http://www-eco.sci.kun.nl/eco/expploec/project.htm>), terbentuknya jaringan aerenchyma tanaman memiliki keuntungan dan kerugian ditinjau dari berbagai aspek. Keuntungan terbentuknya jaringan aerenchyma tanaman adalah: a) memberikan resistensi rendah jalur internal dalam pertukaran gas antara bagian tumbuh diatas air dengan jaringan yang terendam air; b) menyediakan oksigen dalam tanah sekitar akar untuk pertumbuhan dan perkembangan mikro-organisme tanah, disamping itu juga mencegah masuknya komponen-komponen beracun masuk ke dalam tanaman; c) bakteri aerobik disekitar akar tanaman dapat menyediakan nitrogen yang menguntungkan dengan merubah amonium menjadi nitrat. Sedangkan kerugian dari terbentuknya jaringan aerenchyma tanaman adalah: a) penyerapan air dan hara oleh tanaman kurang efisien, salah satu penyebabnya adalah ruang interselular menjadi besar sehingga diameter jalur transportasi air dan hara menyempit; b) mengurangi eksplorasi penyerapan air dan hara; c) penyerapan hara kurang efisien karena terjadi menguat atau penebalan sel oleh lapisan lignin disekeliling aerenchyma yang bertujuan untuk mencegah kebororan oksigen dari aerenchyma; jika kondisi tanah berubah menjadi kering akar aerenchyma kurang toleran terhadap stres air, karena struktur kortek membuka sehingga jalur resistensi rendah terhadap uap air dan udara, akhirnya tunas rentan kehilangan.