

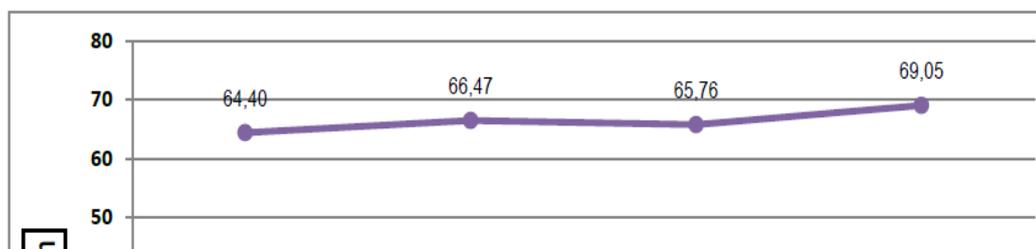
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Padi di Indonesia

Tanaman padi ialah bahan baku untuk membuat beras. Beras menjadi bahan pangan utama di Indonesia karena lebih dari setengah jumlah penduduk Indonesia menjadikan beras sebagai makanan pokok. Kebutuhan beras terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Hasil sensus penduduk tahun 2012 menunjukkan jumlah penduduk Indonesia sekitar 340 juta orang, dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1.49% per tahun. Jumlah penduduk tersebut meningkat karena pada tahun 2011 mencapai 241 juta jiwa. Konsumsi beras nasional mencapai 135 kg per kapita per tahun (BPS, 2011). Kebutuhan beras nasional atau target pencapaian selama 2010-2014 adalah swasembada berkelanjutan dengan sasaran produksi padi sebesar 75,7 juta t GKG (Gabah Kering Giling).

Padahal, produksi beras nasional selama kurun waktu tahun 2009 sampai tahun 2012 (ASEM) atau selama tiga tahun terakhir tidak menunjukkan peningkatan hasil yang berarti (Gambar 1.). Produksi padi tahun 2012 (ASEM) sebesar 69,05 juta t GKG, mengalami peningkatan sebesar 3,29 juta t (5%) dibandingkan dengan tahun 2011. Peningkatan produksi terjadi karena peningkatan luas panen seluas 239,8 ribu ha atau sekitar 1,82% (2011-2012) dan kenaikan produktivitas sebesar 1,56 ku ha<sup>-1</sup> atau sekitar 3,13% (2011-2012). Kenaikan produksi padi tahun 2012 yang relatif besar terjadi di provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Lampung dan Kalimantan Tengah. (BPS, 2013).

Dari hasil sebesar 69,05 juta t GKG, yang mengalami peningkatan sebesar 3,29 juta t (5%) dari tahun 2011 (65,76 juta t GKG), diperoleh rendemen sebesar 43,33% pada tahun 2012 dengan hasil kehilangan sekam dan bekatul sebesar 25,72 juta t. Sementara pada tahun 2011, diperoleh rendemen sebesar 41,26% dengan hasil kehilangan sekam bekatul sebesar 24,50 juta t. Hasil tersebut berdasarkan atas angka konversi GKG ke beras sebesar 62,74



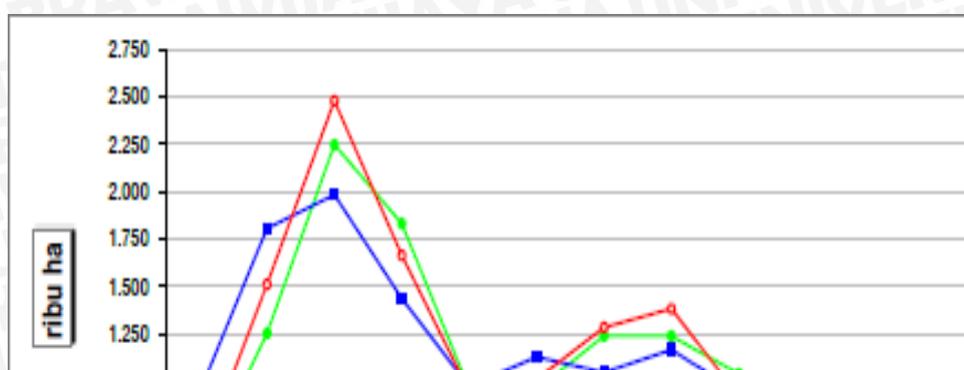
Gambar 1. Perkembangan Produksi Padi Tahun 2009-2012 (BPS, 2013)

Kenaikan produksi padi tahun 2012 sebesar 3,29 juta t (5%) terjadi pada periode Januari-April dan periode Mei-Agustus masing-masing sebesar 1,50 juta t (1,91%) dan 2,45 juta t (11,62%). Periode September-Desember tahun 2012, produksi mengalami penurunan sebesar 0,67 juta t (4,74%) dibandingkan dengan produksi pada periode yang sama pada tahun 2011 (Tabel 1) (BPS, 2013).

Tabel 1. Perkembangan Luas panen, Produktivitas, Produksi Padi Menurut Periode, 2010-2012 (BPS, 2013)

| Uraian                | 2010       | 2011       | 2012<br>(ASEM) | Perkembangan |       |           |       |
|-----------------------|------------|------------|----------------|--------------|-------|-----------|-------|
|                       |            |            |                | 2010-2011    |       | 2011-2012 |       |
|                       |            |            |                | absolut      | %     | Absolut   | %     |
| Luas Panen (ha)       |            |            |                |              |       |           |       |
| Januari-April         | 5.839.507  | 6.166.875  | 6.231.959      | 327.368      | 5,61  | 65.084    | 1,06  |
| Mei-Agustus           | 4.391.893  | 4.314.956  | 4.622.122      | -76.937      | -1,57 | 307.166   | 7,12  |
| Sept-Des              | 3.022.050  | 2.721.812  | 2.589.362      | -300.238     | -9,93 | -132,45   | -4,87 |
| Januari-Desember      | 13.253.450 | 13.203.643 | 13.443.443     | -49.807      | -0,38 | 239.800   | 1,82  |
| Produktivitas (ku/ha) |            |            |                |              |       |           |       |
| Januari-April         | 50,22      | 49,67      | 51,56          | -0,55        | -1,1  | 1,89      | 3,81  |
| Mei-Agustus           | 50,44      | 48,88      | 50,93          | -1,56        | -3,09 | 2,05      | 4,19  |
| Sept-Des              | 49,61      | 51,57      | 51,64          | 1,96         | 3,95  | 0,07      | 0,14  |
| Januari-Desember      | 50,15      | 49,8       | 51,36          | -0,35        | -0,7  | 1,56      | 3,13  |
| Produksi (ton)        |            |            |                |              |       |           |       |
| Januari-April         | 29.323.792 | 30.629.008 | 32.132.657     | 1.305.216    | 4,45  | 1.503.649 | 4,91  |
| Mei-Agustus           | 22.152.985 | 21.090.832 | 23.540.708     | -1.062.153   | -4,79 | 2.449.876 | 11,62 |
| Sept-Des              | 14.992.617 | 14.037.064 | 23.540.708     | -955.533     | -6,37 | -665.288  | -4,74 |
| Januari-Desember      | 66.469.394 | 65.756.904 | 69.045.141     | -712.490     | -1,07 | 3.288.237 | 5     |

Pola panen padi pada tahun 2012 relatif sama dengan pola panen tahun 2010 dan 2011. Titik puncak panen pada tahun 2010, 2011, 2012 terjadi pada bulan Maret (Gambar 2.) (BPS, 2013).



Gambar 2. Pola Panen Padi Tahun 2010-2012 (BPS, 2013)

Besarnya kebutuhan masyarakat akan beras membuat tanaman padi sebagai penghasil beras menjadi komoditas yang terus diusahakan dan dikembangkan untuk mencukupi kebutuhan pangan. Pasalnya, kebutuhan beras nasional atau target pencapaian selama 2010-2014 adalah swasembada berkelanjutan dengan sasaran produksi padi sebesar 75,7 juta t GKG.

## 2.2 Pertumbuhan Padi

Pertumbuhan suatu tanaman menunjukkan suatu hal yang dinamis dalam pola perubahan bentuk, besaran dan derajat pemisahan yang pada akhirnya berhenti dengan munculnya fase penuaan selanjutnya matinya organisme tersebut. Pertumbuhan tanaman merupakan adanya suatu perubahan sel-sel baik dari segi ukuran, bentuk dan jumlahnya. Oleh karena pertumbuhan menyangkut dimensi waktu dan ukuran, pola pertumbuhan tanaman dapat digambarkan dalam bentuk kurva. Perubahan ukuran organisme yang sedang tumbuh, organ, jaringan, populasi sel ataupun masing-masing sel adalah bentuk sigmoid, yang dalam bentuk pertumbuhan sigmoid ini terdapat tiga bagian yang memiliki ciri-ciri tersendiri yaitu :

1. Fase pertumbuhan eksponensial. Fase ini dimulai dengan laju pertumbuhan yang lambat.

2. Fase pertumbuhan linier yang dimulai dengan terdapatnya titik belok dari bentuk pertumbuhan eksponensial.
3. Fase terdapatnya penurunan laju pertumbuhan sampai terhentinya pertumbuhan tersebut. Organisme bertahan pada ukuran yang telah dicapai.

Menurut Yoshida (1981) fase pertumbuhan tanaman padi terbagi menjadi 3 yaitu fase vegetatif, fase reproduktif, dan fase pemasakan. Fase pertumbuhan tanaman padi ialah sama, yang membedakan ialah lamanya fase pertumbuhan secara vegetatifnya. Berikut perbedaan lama (fase) pertumbuhan padi dari varietas yang berbeda.

Tabel 2. Pertumbuhan Tanaman Padi dan Lama (Hari) Tiap Fase (IRRI, 2007)

| Jenis            | Vegetatif | Reproduktif | Pematangan |
|------------------|-----------|-------------|------------|
| IR 64 (110 hari) | 45 hari   | 35 hari     | 30 hari    |
| IR 8 (130 hari)  | 65 hari   | 35 hari     | 30 hari    |

Manurung dan Ismunadji (1988) menyatakan bahwa pada tanaman padi tropik, fase vegetatif ialah fase tumbuh dan berkembangnya dari anakan, tinggi, dan daun secara bertahap. Lama fase ini beragam, yang menyebabkan adanya perbedaan umur tanaman (De Datta, 1981; Yoshida, 1981). Fase ini dimulai sejak perkecambahan hingga akan membentuk bunga yang memerlukan waktu  $\pm 60$  hari. Fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan batang dan daun, dimulai sejak perkecambahan benih sampai masa pembentukan primordia bunga. Pernyataan Matsubayasi *et al.* (1997) bahwa ciri-ciri penting fase ini adalah penambahan jumlah anakan yang terus menerus.

Manurung dan Ismunadji (1988) menyatakan bahwa fase reproduktif berlangsung selama  $\pm 30$  hari yang berlangsung sejak primordia bunga sampai dengan pembungaan. Fase reproduktif ditandai dengan pemanjangan ruas teratas, munculnya daun bendera, dan pembungaan. Pembungaan (*heading*) adalah keluarnya malai dari pelepah daun bendera. Bunga matang (*anthesis*) ialah keluarnya benang sari yang paling ujung biasa terjadi pada pukul 08.00-13.00 dan terjadi pembuahan bila kondisi lingkungan terpenuhi. Menurut Deptan (2009)

bahwa waktu berbunga pada tanaman padi berbeda-beda tergantung terhadap jenis atau varietas padi.

Pada fase pemasakan (generatif) berlangsung sejak pembungaan hingga butir gabah berisi penuh dan mengeras. Secara berurutan meliputi tahap masak bertepung (*dough*), tahap menguning, dan tahap masak panen. Seluruh fase pembuahan sampai masak panen memerlukan waktu  $\pm$  30 hari (Manurung dan Ismunadji, 1988).

### 2.3 Pengaruh Peningkatan Suhu terhadap Peran Fisiologis Tanaman Padi

Suhu mengindikasikan jumlah energi panas yang terdapat dalam suatu sistem atau massa. Suhu mempengaruhi tanaman melalui pengaruhnya pada laju proses-proses metabolisme, selain itu pengaruh suhu juga terlihat pada perkembangan, pembentukan daun, inisiasi organ produktif, pematangan buah dan umur tanaman. Peningkatan suhu akan mempercepat proses biokimia fotosintesis dan perkembangan tanaman dan mempercepat proses respirasi. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan padi berkisar antara 27°C sampai 32°C (Yin *et al.*, 1996). Suhu yang tinggi dapat berpengaruh terhadap hampir semua fase-fase pertumbuhan padi tersebut. Pada fase perkembangan tanaman padi yang mana tanaman tersebut terkena cekaman panas menentukan tingkat kerasnya kemungkinan kerusakan yang terjadi pada tanaman tersebut (Wahid *et al.*, 2007).

Pertumbuhan dan perkembangan dari tanaman dipengaruhi oleh temperatur (Porter dan Moot, 1998). Temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi pada fase vegetatif ataupun reproduktif yaitu terbakarnya daun, penuaan daun, terhambatnya pertumbuhan akar dan berpengaruh terhadap pemasakan biji. Beberapa penelitian yang sering dilakukan sehubungan dengan stresing panas akan terjadi proses respon antagonistik tanaman. Hal tersebut terjadi adanya pembukaan stomata untuk mendinginkan daun melalui proses transpirasi. Namun, ketika terjadi stresing panas dan diikuti dengan kekeringan maka tanaman tidak dapat membuka stomatanya, sehingga temperatur daun menjadi tetap tinggi (Rizhsky *et al.*, 2002). Pada proses fase reproduksi tanaman padi sangat dipengaruhi oleh temperatur tinggi. Hal tersebut berpengaruh terhadap proses penyerbukan dan proses setelah penyerbukan sehingga berpengaruh terhadap hasil tanaman.

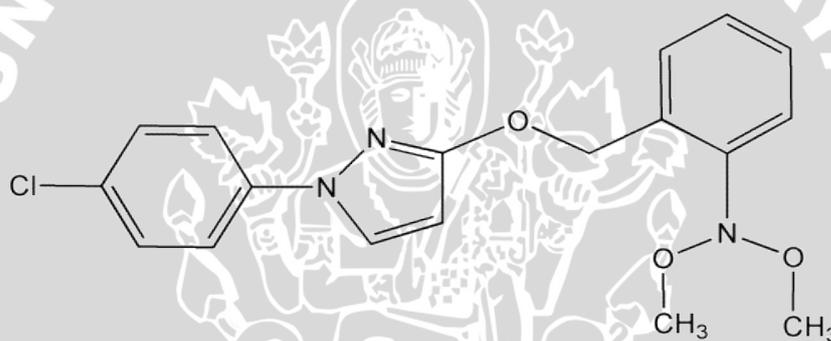
Suhu malam hari ( $>29^{\circ}\text{C}$ ) meningkatkan kekomponan malai sehingga menurunkan hasil padi (Ziska *et al.*, 1996). Sehingga terdapat hubungan negatif linier antara jumlah malai berisi dengan peningkatan temperatur malam (Peng *et al.*, 2004). Keadaan stres panas di atas suhu normal dapat menurunkan panjang dan lebar bulir padi sehingga menurunkan hasil tanaman. Menurunnya panjang dan lebar bulir berasosiasi dengan menurunnya rata-rata sel endosperm pada kondisi suhu malam yang tinggi (Morita *et al.*, 2005). Lebih jauhnya, hal tersebut dikarenakan kapasitas endosperm pada akumulasi bobot kering ditentukan pada jumlah sel endosperm (Bingham, 1969) yang merupakan akibat dari tingginya suhu (Commuri dan Jones, 1999). Menurunnya akumulasi bahan kering dapat berakibat lebih kecilnya produksi dan tidak sempurnanya bulir (Tashiro dan Wardlaw, 1991).

Dampak negatif dari tingginya suhu malam pada produksi padi lebih besar daripada suhu harian (Shah *et al.*, 2011). Peng *et al.* (2004) menemukan penurunan sebesar 10% pada hasil gabah padi untuk setiap kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$  pada suhu minimum (malam), sedangkan hasil gabah padi tidak secara signifikan disebabkan oleh peningkatan suhu maksimum harian. Pada akhir abad yang lalu, kecepatan peningkatan suhu minimum harian (malam) ialah lebih cepat daripada peningkatan suhu maksimum harian (siang) (Karl *et al.*, 1991; Easterling *et al.*, 1997; Peng *et al.*, 2004).

## 2.4 Pyraclostrobin

Pyraclostrobin ialah suatu fungisida dari golongan strobirulin yang dapat menghambat respirasi mitokondria dengan memblokir transfer elektron dalam rantai respirasi (Ammermann *et al.*, 2000). Pyraclostrobin atau dengan nama kimia (methyl *N*- [2-[1-(4-chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-yl]oxy]methyl]phenyl] methoxy-, methyl ester) diketahui dapat menghambat biosintesa *senescences* dengan cara memperlambat aktivitas sintesa asam 1-aminocyclopropane-1-carboxylic (AAC) pada jaringan tunas tanaman (Grossmann dan Retzlaff, 1997).

Pyraclostrobin memiliki rumus senyawa  $C_{19}H_{18}ClN_3O_4$ . Unsur Cl berfungsi sebagai toksin dan unsur N sebagai penambah unsur hara di dalam tanah. Dari suatu struktur dan rumus senyawa tersebut, terlihat pyraclostrobin mengandung unsur yang diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan proses fotosintesis. Unsur tersebut adalah nitrogen dan klor.



Gambar 3. Struktur Kimia Pyraclostrobin (Kegley *et al.*, 2010)

Nitrogen ialah komponen penting dari asam amino, asam nukleat, nukleotida, dan klorofil. Pernyataan Lakitan (1993) bahwa dalam jaringan tanaman nitrogen ialah komponen penyusun dari banyak senyawa esensial bagi tumbuhan, misalnya adalah asam-asam amino. Zat ini memacu pertumbuhan (meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah anakan) meningkatkan luas daun, dan meningkatkan kandungan protein. Peranan utama nitrogen bagi tanaman ialah untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, batang dan daun. Konsentrasi N di daun berhubungan erat dengan laju fotosintesis dan produksi biomassa. Adapun fungsi penting dari unsur klor ialah menstimulasi pemecahan molekul air pada fase terang fotosintesis. Selain itu, klor juga dilaporkan berperan untuk proses pembelahan sel (Lakitan, 1993).

Pyraclostrobin selain beraktivitas pada mitokondria pada tanaman juga berperan mereduksi respirasi dalam tanaman tersebut. Sejak sumber utama tanaman yang berasal dari energi pancaran sinar matahari melalui fotosintesis, reduksi respirasi tersebut dapat berdampak positif pada pertumbuhan tanaman. Penurunan respirasi membuat tanaman mampu untuk menyimpan lebih banyak senyawa karbon untuk pertumbuhan dan memacu reaksi rantai dari perubahan fisiologis dalam tanaman. Pengaruh positif dari perubahan fisiologis dapat meningkatkan aktivitas nitrat reduktase, meningkatkan tingkatan dari antioksidan dan bertahan atau memberikan sinyal terhadap senyawa-senyawa yang masuk ke tubuh tanaman, serta menurunkan stres hormon etilen (Koehle *et al.*, 2003).

### **2.5 Pengaruh Pemberian Pyraclostrobin terhadap Peningkatan Suhu ( Heat Stres ) pada Tanaman Padi**

Koehle *et al.* (2003) menyatakan bahwa penghambatan respirasi pada mitokondria oleh pyraclostrobin akan berdampak pada:

1. Menghasilkan lebih banyak unsur karbon yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman.
2. Meningkatkan aktivitas nitrat reduktase (NR) yang merupakan enzim yang digunakan untuk pembentukan nitrogen pada tanaman. Beberapa manfaat lain dari peningkatan aktivitas nitrat reduktase pada tanaman antara lain:
  - aktivasi nitrat reduktase berperan meningkatkan nitrat oksida yang mampu memacu mekanisme pertahanan tanaman. Mekanisme pertahanan tanaman yaitu bertahan terhadap penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri dan virus.
  - nitrat oksida menghambat enzim yang terlibat dalam produksi hormon etilen (hormon untuk merespon stres). Hormon etilen dapat menyebabkan tanaman lebih cepat masak daripada fase normalnya dan menyebabkan pengguguran bunga-bunga dan biji saat merespon stres.
3. Meningkatkan aktivitas enzim superoksida dismutase dan peroksidase yang menghilangkan panas. Enzim ini dapat mengurangi stres oksidasi untuk merespon lingkungan yang kacau seperti kerusakan ozon dan stres panas.

Pyraclostrobin mampu meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman. Hal ini dilakukan dengan cara meningkatkan pemanfaatan N bagi tanaman. Enzim

nitrat reduktase dibutuhkan tanaman untuk mengonversi nitrat menjadi nitrit. Dengan pemberian pyraclostrobin yang menghambat respirasi, maka penghambatan ini akan mengaktivasi enzim nitrat reduktase. Teraktivasinya enzim nitrat reduktase, membuat pengonversian nitrat menjadi nitrit menjadi lebih cepat. Sehingga, pemanfaatan N dapat ditingkatkan dan jaringan-jaringan penyimpanan pada tanaman dapat ditingkatkan untuk menyediakannya bagi efisiensi energi yang lebih baik dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan nitrat reduktase berlangsung selama tiga malam setelah pemberian pyraclostrobin (Koehle *et al.*, 2003).

Taiz dan Zeiger (2004), pyraclostrobin meningkatkan toleransi terhadap stres lingkungan, terutama meningkatkan toleransi terhadap kekeringan (musim kering). Hormon etilen ialah hormon yang merespon ketika tanaman mengalami stres, termasuk stres kekeringan akibat peningkatan suhu udara. Etilen akan muncul saat tanaman mengalami luka, proses kematangan, mencegah perontokkan daun, dan sebelum patogen memicu kematian sel. Hormon etilen dapat menyebabkan tanaman lebih cepat masak daripada fase normalnya dan menyebabkan pengguguran bunga-bunga dan biji saat merespon stres. Dengan pemberian pyraclostrobin yang mengandung nitrat oksida dapat menghambat enzim-enzim yang terlibat dalam produksi etilen, sehingga tidak terjadi pemasakan buah, perontokkan daun yang merupakan pengaruh dari adanya kekeringan oleh tanaman. Nitrat oksida yang terbentuk akan banyak, sedangkan etilen berbanding terbalik (sedikit).

Koehle *et al.* (2003), pyraclostrobin mampu meningkatkan toleransi terhadap panas. Stres panas dihubungkan dengan peningkatan aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD). Nitrat oksida juga dihubungkan dengan peningkatan toleransi terhadap panas. Pemberian pyraclostrobin mampu meningkatkan aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) dan meningkatkan produksi dari nitrat oksida dengan meningkatkan aktivitas dari enzim nitrat reduktase. Sehingga, pemberian pyraclostrobin dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap panas.