

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) ialah salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Jagung (*Zea mays* L.) ialah tanaman semusim yang mempunyai batang berbentuk bulat, beruas-ruas dan tingginya antara 60-300 cm. Setiap biji jagung secara botanis ialah sebuah biji *Caryopsis*, biji kering yang mengandung sebuah benih tunggal yang menyatu dengan jaringan-jaringan dalam buahnya. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung biji dan tongkolnya). Tongkol jagung kaya akan pentosan, yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi (Anonymous, 2011^b).

Menurut Rukmana (1997) tanaman jagung (*Zea mays* L.) berasal dari dataran Peru, Equador, dan Bolivia serta Meksiko bagian selatan dan Amerika Tengah, yang merupakan komoditi pertanian unggulan yang berpotensi tinggi. Tanaman ini banyak ditanam di ladang-ladang yang berhawa sedang maupun panas dan merupakan makanan pokok penduduk setempat serta sebagai pakan ternak. Sebagai bahan makanan, jagung memiliki kandungan gizi yang tinggi terutama karbohidrat. Selain itu, jagung juga mengandung zat-zat gula, kalsium, asam jagung, dan minyak lemak. Buah yang masih muda banyak mengandung zat protein, lemak, kalsium, fosfor, besi, belerang, vitamin A, B1, B6, C, dan K. Rambutnya mengandung minyak lemak, dammar, gula, asam maisenat, dan garam-garam mineral. Disamping itu juga buah jagung biasanya dibuat tepung jagung atau maizena.

Di Indonesia, daerah-daerah penghasil utama tanaman jagung ialah Jawa Tengah, Jawa Barat, Jawa Timur, Madura, Sumatra Utara, Lampung, Nusa

Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Gorontalo. Khusus di Daerah Jawa Timur dan Madura, budidaya tanaman jagung dilakukan secara intensif karena kondisi tanah dan iklimnya sangat mendukung untuk pertumbuhan (Siregar, 2009).

Siregar (2009) menambahkan bahwa salah satu cara untuk mengatasi rendahnya produktivitas jagung yaitu dengan perbaikan varietas. Varietas jagung unggul dapat berupa varietas bersari bebas atau varietas hibrida. Penggunaan benih jagung hibrida biasanya akan menghasilkan produksi lebih tinggi, tetapi mempunyai beberapa kelemahan dibandingkan dengan varietas bersari bebas. Kelemahan tersebut antara lain harga benihnya yang lebih mahal, hanya dapat digunakan maksimal dua keturunan, dan tersedia dalam jumlah terbatas.

Penerapan inovasi teknologi di tingkat petani masih beragam, bergantung pada orientasi produksi (subsisten, semi komersial, komersial), kondisi kesuburan tanah, risiko yang dihadapi, dan kemampuan petani membeli atau mengakses sarana produksi. Penyebaran penggunaan varietas pada tahun 2005 ialah 22% hibrida, dan selebihnya komposit (unggul dan lokal). Angka ini masih di bawah Thailand yang telah menggunakan benih jagung hibrida hingga 98%, sedangkan Filipina sudah menggunakan benih hibrida 65%. Masih mahalnnya benih hibrida dan pertimbangan risiko yang dihadapi, cukup banyak petani yang menanam benih hibrida turunan (F_2). Pemakaian benih hibrida merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan produksi jagung (Zubachtirodin *et al.*, 2008).

Komposisi kimia biji jagung terdiri dari 74% karbohidrat, 9% protein, 4% lemak dan kandungan lainnya. Komposisi kimia yang tinggi menjadikan tanaman jagung berpotensi sebagai sumber karbohidrat selain beras. Jagung juga merupakan serat pangan yang tinggi dan sumber protein yang penting dalam menu masyarakat Indonesia (Anderson, 1979). Berdasarkan komposisi kimia dan kandungan nutrisi, jagung mempunyai prospek sebagai pangan dan bahan baku industri. Jagung banyak digunakan oleh industri makanan, minuman, kimia, dan farmasi, selain juga untuk pengadaan pangan dan pakan. Jagung merupakan komoditas penting dalam industri pangan, kimia maupun industri manufaktur (Suarni, 2005).

Kebutuhan jagung untuk industri pakan tiap tahun terus meningkat secara signifikan sejalan dengan pesatnya perkembangan industri peternakan (Swastika *et al.*, 2011). Zubachtirodin *et al.*, (2008) mengungkapkan selama periode 2001-2006, kebutuhan jagung untuk bahan industri pakan ternak, makanan, dan minuman terus meningkat sekitar 10 sampai 15 persen per tahun. Data FAO menunjukkan bahwa total kebutuhan jagung di Indonesia tahun 2007 sebesar 13,98 juta ton. Dari total tersebut, sebesar 4,20 juta ton atau sekitar 30 persen digunakan untuk pakan.

Jagung sebagai bahan baku industri biasanya digunakan dalam bentuk homini, minyak dan pati. Sebagai komponen terbesar dari jagung, pati untuk bahan baku industri menjadi sangat penting guna meningkatkan nilai tambah komoditi jagung (Fardiaz *et al.*, 1997). Baik dalam bentuk belum termodifikasi maupun sudah termodifikasi, pati merupakan bahan baku yang sangat penting bagi industri pangan (bahan pengental dan pembentuk "gel") dan industri non pangan (kertas dan tekstil). Viola *et al.*, (2003) mengemukakan bahwa peningkatan produksi per satuan luas ialah tujuan utama di banyak program pemuliaan tanaman jagung. Oleh karena itu, hasil biji ialah karakter yang paling penting dan kompleks dimana pemulia tanaman jagung bekerja.

Swastika *et al.* (2011) menerangkan bahwa permintaan terhadap jagung untuk kebutuhan dalam negeri dalam 10 tahun ke depan akan makin meningkat, seiring dengan meningkatnya produksi pakan pabrikan dan berkembangnya industri peternakan. Di sisi lain, di pasar internasional penggunaan jagung makin kompetitif, karena penggunaan jagung tidak hanya untuk bahan baku pakan ternak dan industri makanan, melainkan juga untuk bahan bakar nabati (*biofuel*). Pemenuhan kebutuhan jagung yang mengandalkan impor akan berisiko tinggi, dan akan berdampak negatif terhadap industri pakan dan peternakan dalam negeri. Oleh karena itu, diperlukan upaya terus menerus untuk meningkatkan produksi jagung dalam negeri.

2.2 Pati

Karbohidrat utama yang disimpan pada sebagian besar tanaman ialah pati dan selulosa. Di daun, pati terhimpun di kloroplas, dan di organ penyimpanan, karbohidrat terhimpun dalam bentuk amiloplas yang terbentuk sebagai hasil

translokasi sukrosa atau karbohidrat lainnya. Jumlah pati pada bagian jaringan tergantung pada faktor genetik dan lingkungan serta lamanya penyinaran. Pati terbentuk pada siang hari ketika fotosintesis melebihi laju gabungan antara respirasi dan translokasi (Dwidjoseputro, 1990). Pembentukan pati terjadi terutama melalui suatu proses yang melibatkan sumbangan berulang unit glukosa dari gula nukleotida yaitu adenosine difosfoglukosa (ADGP). Pembentukan ADGP berlangsung dengan menggunakan ATP dan glukosa-1-fosfat di kloroplas (Ropiah, 2009).

Menurut Salisbury dan Ross (1995) amilum terbentuk dari hasil fotosintesis. Pada proses fotosintesis dibutuhkan cahaya matahari dan klorofil, apabila tidak ada cahaya matahari yang diserap maka fotosintesis tidak akan terjadi dan amilum pun tidak akan terbentuk.

Pati merupakan karbohidrat yang tersebar dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Pati merupakan polisakarida yang terbentuk dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis. Bentuk pati berupa kristal bergranula yang tidak larut dalam air pada temperatur ruangan. Pati memiliki perbedaan bentuk dan ukuran granula tergantung pada jenis tanamannya. Bagi tanaman, pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang dan pada bagian umbi tanaman. Banyaknya kandungan pati pada tanaman tergantung pada asal pati tersebut, misalnya pati yang berasal dari biji beras mengandung pati 50 – 60% (Winarno, 1986).

Pati telah lama digunakan orang baik sebagai bahan makanan maupun bahan tambahan dalam sediaan farmasi. Penggunaan pati dalam bidang farmasi terutama pada formula sediaan tablet, baik sebagai bahan pengisi, penghancur maupun sebagai bahan pengikat. Namun dalam pembuatan tablet cetak langsung, pati tidak dapat dipakai karena pati berupa serbuk halus dan dalam keadaan aslinya pati tidak mempunyai sifat alir dan daya kompresibilitas yang baik. Hal ini tidak lepas dari pengaruh komponen-komponen yang menyusun pati terutama pengaruh amilosa dan amilopektin. Kedua komponen ini dapat dikatakan homogen secara kimia tetapi masih heterogen dalam ukuran molekul, derajat percabangan, rantai, susunan dan keacakan rantai cabang (Winarno, 1986)

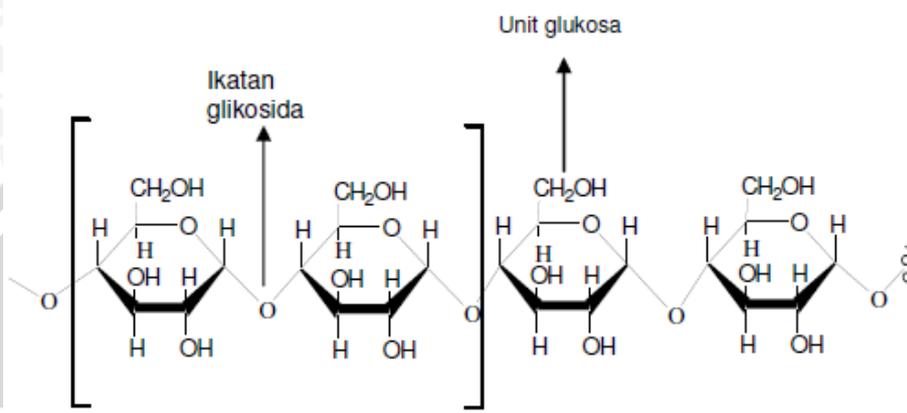
Komponen utama jagung ialah pati, yaitu sekitar 70% dari bobot biji. Komponen karbohidrat lain ialah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa, 1-3% dari bobot biji. Alam *et al.* (2008) menjelaskan bahwa pati jagung pada umumnya diekstrak dari biji jagung dengan melalui proses penggilingan biji, pemisahan kulit dan lembaga, perendaman dengan air panas, penghancuran, pemisahan endapan, perendaman endapan dengan natrium metabisulfit, pencucian dengan natrium hidroksida dan air, reduksi kandungan air, pengeringan dan pengayakan. Sedangkan ekstraksi pati jagung dari tepung jagung dengan larutan natrium bikarbonat hingga saat ini belum banyak dipublikasikan. Pati jagung memiliki potensi mensubstitusi terigu maupun tapioka dari 20-100%. Jika pati jagung menggantikan 10% saja, maka diperlukan 0,3-1,0 juta ton pati jagung per tahun.

Pati terdiri atas dua jenis polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai unit-unit D-glukosa yang panjang dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, sedangkan amilopektin strukturnya bercabang. Ikatan glikosidik yang menggabungkan residu glukosa yang berdekatan dalam rantai amilopektin ialah ikatan $\alpha(1\rightarrow4)$, tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan $\alpha(1\rightarrow6)$. Bahan yang mengandung amilosa tinggi, jika direbus amilosanya terekstrak oleh air panas, sehingga terlihat warna putih seperti susu (Lehninger, 1982).

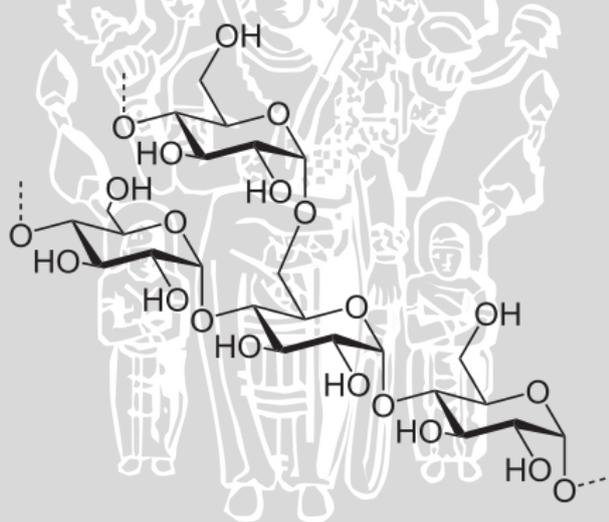
Bobot molekul amilosa dan amilopektin bergantung pada sumber botaninya. Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, sedangkan amilopektin ialah komponen dengan rantai bercabang. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus berbentuk heliks dengan ikatan glikosidik α -1,4. Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa berkisar antara 250-350 unit. Amilopektin merupakan polisakarida bercabang, dengan ikatan glikosidik α -1,4 pada rantai lurusnya dan ikatan α -1,6 pada percabangannya. Titik percabangan amilopektin lebih banyak dibandingkan dengan amilosa (Dziedzic dan Kearsley, 1995).

Dziedzic dan Kearsley (1995) juga menjelaskan komposisi amilosa dan amilopektin di dalam biji jagung terkendali secara genetik. Secara umum, baik jagung yang mempunyai tipe endosperma gigi kuda (dent) maupun mutiara (flint),

mengandung amilosa 25-30% dan amilopektin 70-75%. Namun jagung pulut (waxy maize) dapat mengandung 100% amilopektin. Suatu mutan endosperma yang disebut *amylose-extender* (ae) dapat menginduksi peningkatan nisbah amilosa sampai 50% atau lebih. Gen lain, baik sendiri maupun kombinasi, juga dapat memodifikasi nisbah amilosa dan amilopektin dalam pati jagung.



Gambar 1. Rumus struktur amilosa (Dziedzic dan Kearsley, 1995).



Gambar 2. Rumus struktur amilopektin (Dziedzic dan Kearsley, 1995).

Amilopektin berpengaruh terhadap sifat sensoris jagung, terutama tekstur dan rasa. Pada prinsipnya, semakin tinggi kandungan amilopektin, tekstur dan rasa jagung semakin lunak, pulen, dan enak. Komposisi tersebut juga berpengaruh terhadap sifat amilografinya. Kandungan amilosa beberapa varietas lokal dan unggul nasional dapat dilihat pada Tabel 1 (Suarni, 2005).

Secara umum Amilosa merupakan komponen pati yang mempunyai rantai lurus dan larut dalam air. Amilosa menyusun pati 17 – 21%, terdiri dari satuan

glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4) D-glukosa. Amilosa juga mempunyai sifat alir dan daya kompresibilitas yang baik, sehingga dalam formulasi tablet cetak langsung dapat digunakan sebagai bahan pengisi, lubrikan dan akan memberikan waktu hancur yang lebih efektif. Sementara amilopektin merupakan komponen pati yang mempunyai rantai cabang, terdiri dari satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4) Dglukosa dan α -(1,6) D-glukosa. Amilopektin tidak larut dalam air tetapi larut dalam butanol dan bersifat kohesif sehingga sifat alir dan daya kompresibilitasnya kurang baik. Karena itu amilopektin tidak dapat dipakai dalam formulasi tablet cetak langsung (Ikhsan *et al.*, 1996; Schwartd and Zelinskie, 1978; Cowd, 1982).

Alam *et al.* (2008) menambahkan bahwa tingkat pengembangan dan penyerapan air tergantung pada kandungan amilosa. Makin tinggi kandungan amilosa, kemampuan pati untuk menyerap air dan mengembang menjadi lebih besar karena amilosa mempunyai kemampuan membentuk ikatan hidrogen yang lebih besar daripada amilopektin. Amilosa termasuk senyawa yang bersifat polar, oleh karena itu makin tinggi kadar amilosa pati kelarutannya dalam air juga meningkat. Tanaman penghasil pati yang kandungan patinya tinggi memberi peluang yang lebih baik untuk digunakan sebagai sumber energi. Pati yang kandungan amilosanya tinggi potensi pengembangan pemanfaatannya lebih banyak jika dibandingkan berkadar amilosa rendah.

Denyer *et al.* (2001) menerangkan bahwa amilosa dan amilopektin disintesis oleh enzim yang disebut pati sintase. Enzim tersebut menambah residu glukosa dari ADPglukosa menjadi tidak tereduksi pada akhir perkembangan rantai glukukan. Pati sintase dapat dibedakan menjadi empat berdasar susunan asam amino utamanya yaitu SSI, SSII, SSIII dan *granule-bound* SSI. GBSSI dibutuhkan untuk sintesis amilosa. Isoform dari pati sintase yang lain tidak dapat menggantikan peran GBSSI dalam sintesis amilosa. Factor lain yang mempengaruhi sintesis amilosa ialah keberadaan subtract ADPG. Banyak penelitian yang menjelaskan bahwa keberadaan ADPG dapat menjadi batas dari sintesis amilosa pada percobaan *in vivo*. Konsentrasi dari ADPG dalam plastid dibutuhkan untuk memenuhi reaksi katalis pada sintesis amilopektin dari isoform

pati sentase. Hal ini berarti bahwa jika konsentrasi ADPG menurun maka sintesis amilosa lebih banyak tereduksi dari pada sintesis amilopektin.

Tabel 1. Kandungan amilosa dan amilopektin beberapa varietas jagung

| Varietas | Amilosa (%) | Amilopektin (%) |
|-----------------|-------------|-----------------|
| Srikandi Putih | 31,05 | 68,95 |
| Srikandi Kuning | 30,14 | 69,86 |
| Anoman | 29,92 | 70,08 |
| Lokal nonpulut | 28,50 | 71,50 |
| Lokal pulut | 4,25 | 95,75 |
| Sukmaraja | 34,55 | 65,45 |

Sumber: Suarni (2005).

2.3 Pyraclostrobin

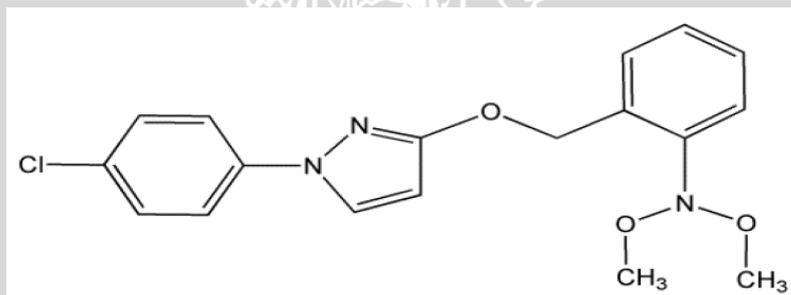
Pyraclostrobin merupakan bahan aktif yang digunakan dalam fungisida CABRIO 250 EC yang khusus untuk aplikasi pada tanaman jagung. Bahan aktif *Pyraclostrobin* yang terkandung dalam CABRIO 250 EC selain memiliki fungsi sebagai fungisida, juga dapat berfungsi meningkatkan aktivitas nitrat reduktase.

Pyraclostrobin ialah salah satu fungisida dari golongan strobilurin. *Pyraclostrobin* memiliki sifat preventif dan kuratif terhadap sejumlah penyakit. Fungisida golongan strobilurin bertindak dengan terus menghambat respirasi mitokondria dengan memblokir transfer elektron dalam rantai respirasi (Bartholomaeus, 2003). Menurut cara kerjanya, kelompok Strobilurin termasuk fungisida sistemik lokal yang diabsorpsi oleh jaringan tanaman, tetapi tidak ditransformasikan ke bagian tanaman lainnya. *Mode of action* fungisida-fungisida dari kelompok strobilurin yaitu mengintervensi respirasi sel. Fungisida-fungisida tersebut bekerja pada mitokondria sel jamur target dengan cara menghambat transfer elektron antara sitokrom b dan sitokrom c1 sehingga mengganggu pembentukan ATP (Djojoseumarto, 2008)

Pyraclostrobin memiliki rumus senyawa $C_{19}H_{18}ClN_3O_4$ (Declercq, 2004). Dari struktur dan rumus senyawa tersebut, terlihat jika *pyraclostrobin* mengandung senyawa yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan proses fotosintesis. Senyawa tersebut ialah nitrogen dan klor. Nitrogen merupakan

komponen penting dari asam amino, asam nukleat, nukleotida, dan klorofil (Anonymous. 2011^a).

Lakitan (1993) menambahkan bahwa dalam jaringan tanaman nitrogen merupakan komponen penyusun dari banyak senyawa esensial bagi tumbuhan, misalnya 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. Jika N diaplikasikan cukup ke tanaman, maka kebutuhan unsur makro lain seperti K dan P meningkat. Adapun fungsi penting dari unsur klor ialah menstimulasi pemecahan molekul air pada fase terang fotosintesis. Selain itu, klor juga dilaporkan esensial untuk proses pembelahan sel.



Gambar 3. Rumus Struktur kimia *pyraclostrobin*

2.4 Respon Tanaman pada *Pyraclostrobin*

Pyraclostrobin dilaporkan juga memiliki efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman dan hasil. hal ini disebabkan karena meningkatnya aktivitas nitrat reduktase yang mana menyebabkan asimilasi nitrogen meningkat selama fase pertumbuhan yang cepat dan penurunan produksi etilena mengakibatkan penuaan tertunda (Anonymous. 2011^a).

Fassler (2005) mengungkapkan bahwa aplikasi *pyraclostrobin* pada tanaman jagung dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil dari tanaman karena asimilasi dari nitrogen meningkat. Asimilasi nitrogen mengalami peningkatan karena dipengaruhi oleh aktivitas dari nitrat reduktase yang meningkat. Selain itu, aplikasi *pyraclostrobin* juga meningkatkan respon pertahanan tanaman pada

infeksi bakteri dan virus. Nitrat reduktase yang meningkat mengakibatkan penyerapan nitrat oleh tanaman meningkat dan mempengaruhi hasil dari biomasa tanaman (*fresh weight*) meningkat sampai 25%.

Nelson dan Meinhardt (2011) menambahkan dalam penelitiannya tentang pengaruh boron dan *pyraclostrobin* pada hasil jagung bahwa aplikasi *pyraclostrobin* sendiri di VT meningkatkan hasil 5% dan pemberian boron di V5-V6 diikuti *pyraclostrobin* di VT meningkatkan hasil 6% dibandingkan dengan kontrol. Sebuah aplikasi terpisah dengan boron di V5-V6 diikuti *pyraclostrobin* di VT meningkatkan hasil 0,52 Mg ha⁻¹ dibandingkan dengan aplikasi boron ditambah *pyraclostrobin* di VT. *Pyraclostrobin* meningkatkan kelembaban butir 3 sampai 7 g kg⁻¹, penurunan pati 1 sampai 2 g kg⁻¹, dan penurunan pati diekstrak 3 sampai 4 g per kg konsentrasi dibandingkan dengan kontrol. Namun, ada perbedaan dalam jumlah batang tandus, biji-bijian dengan diplodia (*Stenocarpella maydis*) gejala, minyak, atau konsentrasi protein terdeteksi antara perlakuan.

Pyraclostrobin, suatu keuntungan fungisida kelompok strobilurin, yang menunjukkan manfaat positif fisiologis pada tanaman. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa tujuan utama *pyraclostrobin* terkait dengan berkurangnya produksi etilen, peningkatan aktivitas enzim nitrat reduktase, perlawanan terbesar dari stres air dan kandungan klorofil meningkat (Factor *et al.*, 2010). Fagan *et al.*, (2010) melakukan penelitian terpisah pada tanaman kedelai mengatakan bahwa penerapan *pyraclostrobin* pada kedelai yang diberikan pada tahap pertumbuhan R1 dan R5.1 dapat meningkatkan tingkat fotosintesis dalam dua periode aplikasi. Tingkat pernapasan menurun setelah penerapan strobilurin (R fenologi panggung 5.1). Penerapan *pyraclostrobin* meningkatkan aktivitas enzim nitrat reduktase daun yang diamati ketika strobilurin diterapkan pada pembungaan dan tidak pada periode pengisian biji. Juga ada peningkatan pada bobot 1000 biji dan meningkatkan produktivitas pada aplikasi tanpa memperhatikan pengobatan dengan menerapkan Tebuconazole (*triazole*).