

# **PENGARUH CEKAMAN SUHU RENDAH TERHADAP TANAMAN**

**Mildaerizanti<sup>1)</sup> dan Retno Pangestuti<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Peneliti Pertama, BPTP Jambi

<sup>2)</sup> Peneliti Pertama, BPTP Jawa Tengah

Jl. Samarinda Paal Lima. Kotabaru. Jambi. Telp (0741) 40174

E-mail : mildaerizanti @ymail.com

## **ABSTRAK**

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Cekaman/stress suhu yang tidak mampu ditolerir tanaman melalui mekanisme adaptasi akan berdampak pada kerusakan dan kematian tanaman. Suhu rendah merupakan salah satu faktor utama yang membatasi potensi hasil pada tanaman. Tingkat kerusakan dan efek yang berhubungan dengan suhu rendah bervariasi tergantung pada jenis tanaman, tahap perkembangan tanaman, laju perubahan temperatur, lama pemaparan, radiasi dan hara. Cekaman suhu rendah saat fase vegetatif pada padi dapat menurunkan daya kecambah, melambatkan proses pertumbuhan, menguningnya daun setelah pindah tanam, berkurangnya jumlah anakan dan tanaman tumbuh kerdil. Jika terjadi pada fase generatif menyebabkan degenerasi gabah, perpanjangan malai tidak lengkap dan peningkatan sterilitas gabah. Terjadi pengurangan hasil hingga 30-40% akibat paparan suhu rendah pada padi. Kisaran suhu rendah yang menyebabkan stress pada tanaman, respon tanaman terhadap suhu rendah, serta bagaimana adaptasi tanaman terhadap suhu rendah akan coba dipaparkan pada makalah ini.

**Kata kunci :** Cekaman suhu rendah, fase vegetatif, fase generatif, adaptasi tanaman

## **PENDAHULUAN**

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Rai et al. (1998) suhu dapat berperan langsung pada hampir setiap fungsi pertumbuhan dengan mengontrol laju proses-proses kimia dalam tumbuhan tersebut, sedangkan peran tidak langsungnya dengan mempengaruhi faktor-faktor lainnya terutama suplai air. Secara langsung, suhu mempengaruhi terhadap proses fisiologis tanaman antara lain bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air, nutrisi, fotosintesis dan respirasi. Setiap jenis tanaman mempunyai batas suhu minimum, optimum dan maksimum yang berbeda-beda untuk setiap tingkat pertumbuhannya. Suhu di bawah minimum atau di atas maksimum akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Cekaman suhu rendah (cold stress) adalah salah satu bentuk cekaman abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil komoditas pertanian (Lang et al. 2005). Suhu di bawah batas optimum tanaman akan menyebabkan berkurangnya kecepatan pertumbuhan dan proses metabolisme. Akibatnya waktu yang diperlukan untuk melengkapi siklus hidup tanaman akan menjadi lebih lama, seiring dengan penurunan suhu hingga mencapai titik kritisnya, tanaman akan mengalami kerusakan hingga kematian. Hayashi (2001) menyatakan suhu rendah merupakan salah satu faktor utama yang membatasi potensi hasil karena pengaruh pada pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Banyak tanaman tropikal dan sub tropikal yang siklus hidupnya akan terganggu dan hasilnya berkurang bila mendapat paparan suhu rendah.

Cekaman suhu rendah berpotensi menghambat pengembangan pertanian di dataran tinggi terutama untuk padi dan tanaman lain yang sensitif. Masalah budidaya di dataran tinggi diantaranya perbedaan suhu malam dan siang yang terpaut jauh, dan seringnya terjadi penurunan suhu secara tiba-tiba. Cekaman suhu rendah pada padi sangat mempengaruhi produksi dan produktivitas padi terutama pada daerah tropis, subtropis dan daerah yang terletak di dataran tinggi (Bai et al., 2015). Informasi tentang cekaman suhu rendah diperlukan untuk mengantisipasi perubahan suhu yang terjadi pada daerah pertanian Indonesia terutama dataran tinggi.

### **Kondisi Cekaman Suhu Rendah Pada Tanaman**

Suhu atau temperatur rendah yang dapat menyebabkan stress atau cekaman pada tanaman dapat dibagi menjadi dua yaitu suhu rendah  $< 20^{\circ}\text{C}$  disebut chilling temperature dan suhu rendah  $< 0^{\circ}\text{C}$  disebut freezing temperature. Cekaman suhu tersebut mengurangi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan (Gulzar et al., 2012). Cekaman suhu rendah pada tanaman dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman yang disebut chilling injury dan freezing injury.

#### **Chilling Injury**

Chilling injury merupakan kondisi dimana suhu lingkungan disekitar tajuk tanaman dibawah suhu normal tetapi tidak mencapai titik beku ( $> 0^{\circ}\text{C}$ ). Chilling injury umumnya terjadi pada tanaman yang biasa ditanam pada daerah dengan kisaran suhu hangat ( $25^{\circ}\text{C}$ - $35^{\circ}\text{C}$ ) kemudian mengalami keadaan penurunan suhu lingkungan hingga menjadi  $10^{\circ}\text{C}$ - $15^{\circ}\text{C}$ . Tanaman-tanaman tropis dan sub tropis adalah tanaman yang relatif rentan terhadap kondisi chilling injury.

Opick et al. (2005) mengemukakan pada chilling injury terjadi peningkatan viskositas membran atau kekakuan membran. Hal ini disebabkan 2 lapisan membran lipid mengalami peroxidasi sehingga menjadi kental menyerupai gel akibat akumulasi ROS (reactive oxygen spesies). Meningkatnya akumulasi ROS khususnya pada jaringan fotosintesis akan menyebabkan kemampuan mengikat  $\text{CO}_2$  menurun secara drastis sebagai akibat kerusakan klorofil. Suhu rendah juga menghambat translokasi fotosintat dan terhambatnya pembentukan produk akhir fotosintesis serta menurunkan pengaturan signal oleh gen. Hal ini kemudian dapat menyebabkan penurunan bobot atau hasil tanaman misalnya yang terjadi pada paprika dan terung dengan tingkat keparahan tergantung jenis kultivarnya (Krarup et al. 2009).

Suhu yang menyebabkan chilling injury berbeda-beda antar tanaman dan fase pertumbuhannya. Pada perkecambahan jagung, kapas, dan padi, chilling injury terjadi pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$ , sehingga pada suhu ini perkecambahan pada padi tidak terjadi (Yoshida, 1981). Tanaman pisang mengalami chilling injury pada suhu  $13^{\circ}\text{C}$  sedang tanaman Oak pada suhu  $5^{\circ}\text{C}$ . Padi subspecies Indica lebih sensitif terhadap suhu rendah dibandingkan subspecies Japonica (Glaszmann 1987; Glaszmann et al. 1990), pembentukan polen padi jenis Oryza sativa, chilling injury terjadi pada suhu  $23^{\circ}\text{C}$  sedang Oryza japonica pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$ .

Menurut Krarup et al., (2009) gejala chilling injury pada melon terlihat dengan adanya perubahan warna pada permukaan buah. Tanaman apel yang tumbuh pada suhu rendah dapat mengalami chilling injury saat pembentukan buah sampai buah matang, yang ditunjukkan dengan adanya luka/noda pada buah. Luka/noda tersebut akan menetap terus (bersifat permanen) sampai buah matang. Nahar et al. (2009), gejala kerusakan akibat suhu rendah pada padi diantaranya pertumbuhan tertekan, daun menguning, jumlah anakan abnormal, kegagalan pembentukan gabah, dan warna gabah abnormal.

#### **Freezing injury**

Freezing injury merupakan kondisi di mana suhu udara di sekitar tanaman berada dibawah titik beku ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ). Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada sel serta jaringan, perubahan ABA, perubahan ekspresi gen, dan berpengaruh terhadap sintesis protein. Kerusakan karena freezing injury lebih parah daripada chilling injury. Pada freezing injury terjadi pembekuan cairan di luar sel, bila es di luar sel tetap ada maka gradient tekanan uap air antara apoplas dan sel menyebabkan air bergerak keluar dari sel dan masuk ke apoplas,

kemudian membeku, sehingga meningkatkan massa es di dalam jaringan tanaman. Selain menyebabkan kerusakan mekanis pada jaringan tanaman, proses tersebut juga menyebabkan dehidrasi isi sel secara cepat. Hal ini mengakibatkan keadaan biokimia sitoplasma terganggu, protein dan enzim mengalami denaturasi, berbagai macam komponen mengendap, sistem penyangga tidak mampu mengendalikan pH, dan terjadi perapatan molekul-molekul makro. Peristiwa ini dapat mengakibatkan kematian sel pada tanaman. Pecahnya sistem membran sel merupakan mekanisme mendasar bagi kerusakan tanaman akibat suhu dingin (Russell 2008, Seo et al. 2010, Mironov et al. 2012).

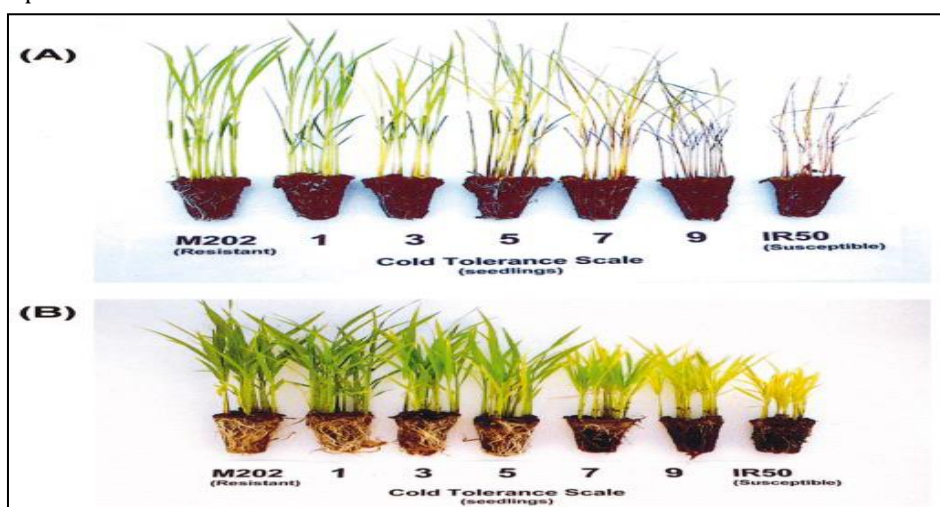
Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengamati pengaruh freezing injury pada tanaman. daun ivy (*Hedera helix*) yang tumbuh pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$  menunjukkan bahwa 80% air di dalam selnya membeku. Peristiwa tersebut menyebabkan terjadinya, penyusutan volume sel, penyempitan sel, dan penurunan aktivitas metabolisme (Heuze et al. 2009). Pada tanaman strawberi yang dibekukan selama 2 jam pada suhu  $-8$ ,  $-12$ ,  $-16$ , dan  $-20^{\circ}\text{C}$  mengalami pertumbuhan yang rendah. Selain itu, juga terjadi browning pada jaringan mahkota. Pada suhu  $-8^{\circ}\text{C}$  semua tanaman strawberi terluka dan mengalami penurunan daya hasil buah mencapai 66%. Batas minimum suhu yang dapat menyebabkan tanaman strawberi mengalami pembekuan jangka pendek (terluka) berkisar antara  $-8$  s.d.  $-12^{\circ}\text{C}$ . Tanaman akan mengalami pembekuan total dan mati pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  (Kirschbaum, 1998).

### Cekaman Suhu Rendah Dan Fase pertumbuhan Tanaman

Suhu rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman pada setiap fase hidupnya mulai dari perkecambahan sampai pematangan (Hasanuzzaman et al., 2013). Berikut dipaparkan pengaruh cekaman suhu rendah terhadap fase vegetatif dan generatif tanaman.

#### Fase Vegetatif

Survei yang dilakukan Kaneda & Beachell (1974) cit. Andaya & Mackill (2003) pada tanaman padi menunjukkan, cekaman suhu rendah dapat menyebabkan menurunnya kemampuan tanaman untuk berkecambah, melambatnya proses pertumbuhan, perubahan warna daun atau menguningnya daun setelah pindah tanam, berkurangnya jumlah anakan dan tanaman tumbuh kerdil. Menurut Allen & Ord (2001) hal ini terutama terjadi karena rusaknya organ-organ fotosintesis akibat paparan suhu rendah. Penelitian lanjutan pada padi di lingkungan yang terkontrol dilakukan Andaya & Mackill (2003) dengan melakukan pemetaan populasi beberapa varietas padi yang tahan, toleran dan rentan terhadap suhu rendah pada fase vegetatifnya. Hasil pengamatan morfologi pertumbuhannya ditampilkan pada Gambar 1.

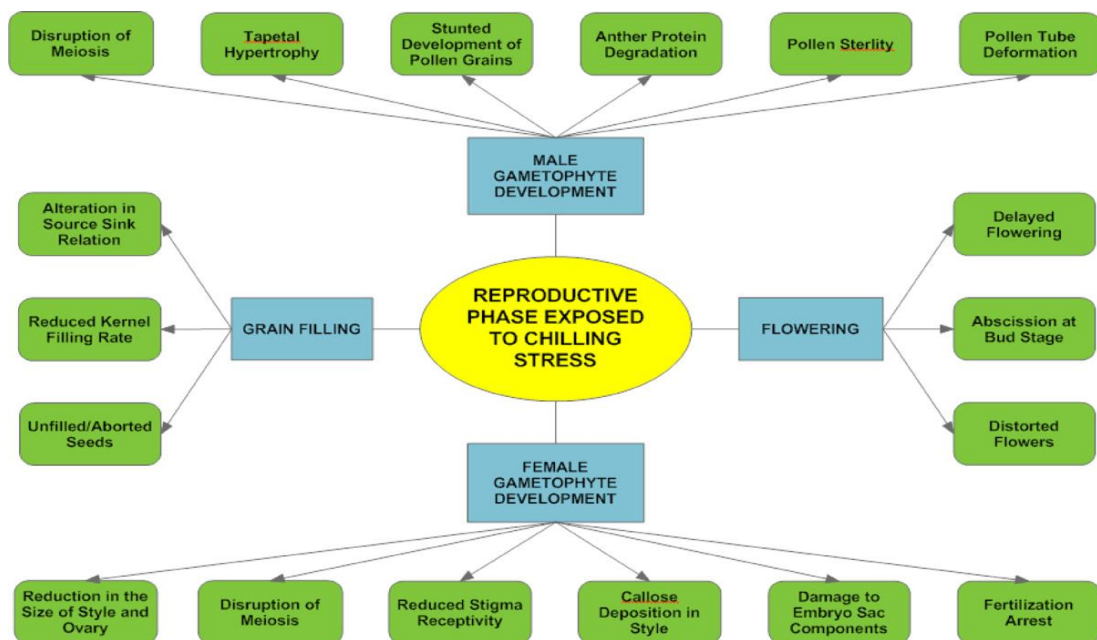


Gambar 1. Keragaan morfologi fase vegetatif beberapa varietas/strain padi yang mendapat paparan suhu rendah (A)  $9^{\circ}\text{C}$  secara terus menerus (B) variasi siang/malam  $25/9^{\circ}\text{C}$ . (Sumber : Andaya & Mackill 2003)

Pada Gambar 1 terlihat perbedaan pertumbuhan yang semakin menurun pada padi yang tahan, toleran dan rentan terhadap suhu rendah. Tanaman yang mengalami suhu rendah 9° C secara terus menerus mengalami kerusakan yang lebih besar (A) dibandingkan tanaman yang ditumbuhkan pada suhu siang/malam 25/9° C. Padi yang rentan suhu dingin mengalami freezing injury sehingga mengalami kematian. Pada paparan suhu siang/malam 25/9° C tanaman mengalami chilling injury dengan tingkat keparahan tergantung tingkat sensitivitas tanaman. Penghambatan pertumbuhan yang terjadi meliputi tanaman yang tumbuh kerdil, berkurangnya jumlah anakan, daun yang semakin menguning dengan semakin sensitifnya tanaman terhadap suhu rendah akibat kerusakan pada klorofil.

### Fase Generatif

Cekaman suhu rendah selama fase generatif/reproduksi menyebabkan kelainan struktural dan fungsional pada organ reproduksi, kegagalan fertilisasi atau aborsi dini biji atau buah, sehingga berakibat penurunan hasil. Thakur et al. (2010) merangkum pengaruh cekaman suhu rendah terhadap berbagai proses pada fase reproduktif tanaman (Gambar 2).



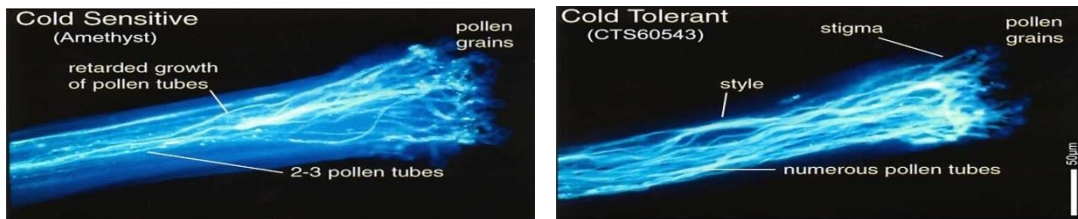
Gambar 2. Diagram alir efek cekaman suhu rendah terhadap berbagai proses pada pada fase reproduktif tanaman (Sumber Thakur et al. 2010)

Thakur et al. (2010) membagi fase reproduktif yang rentan terhadap paparan suhu rendah dalam empat proses yaitu pembentukan gametofit jantan, gametofit betina, pembungaan dan pengisian biji.

### Pengaruh cekaman suhu rendah terhadap pembentukan gametofit jantan

Cekaman suhu rendah dapat menyebabkan polen tidak viabel sehingga mengganggu mikrosporogenesis pada tahap awal meiosis. Pada padi, suhu 12°C yang terjadi pada tahap mikrospora muda akan meningkatkan dan menyebabkan degradasi protein parsial dalam anther pada tahap trinucleate yang akan mengakibatkan kemandulan/sterilitas polen. Sterilitas polen juga dapat disebabkan pemblokiran pasokan gula ke butir tapetum dan polen sehingga polen menjadi steril. Sterilisasi polen yang dihasilkan selanjutnya akan mempengaruhi proses produksi secara keseluruhan.

Selain kerusakan pada polenterjadi pula perubahan bentuk dan jumlah polen tube. Clarke & Siddique (2004) meneliti hal tersebut pada buncis yang toleran dan sensitif suhu rendah pada cekaman suhu 7° C. Pada buncis yang sensitif, terjadi pengurangan jumlah polen tube menjadi hanya 2-3 dan bentuknya juga berubah (Gambar 3).



Gambar 3: Kondisi perkembangan polen tube pada tanaman buncis yang mengalami cekaman suhu 7° C(Sumber : Clarke & Siddique 2004).

### **Pengaruh cekaman suhu rendah terhadap pembentukan gametofit betina**

Suhu rendah mengurangi fusi carpel pada tomat (Lazano et al. 1998). Pada buncis, viabilitas bakal biji terganggu oleh suhu rendah yang ekstrim (15/0°C, siang/malam), memperlambat pematangan bakal biji, penurunan ukuran bakal biji sebesar 10-28% dan meningkatkan aborsi embrio (Srinivasan et al. 1999). Pada padi, masa anthesis awal (<3 hari) relatif toleran dingin, tapi setelah 5 hari menyebabkan pengurangan kesuburan gabah secara drastis (Pereira da Cruz et al, 2006). Hal ini menurut Jiang et al. (2002) mungkin sebagai akibat dari kemandulan bunga. Srinivasan et al. (1999) mengemukakan stres dingin pada buncis mengurangi ukuran ovarium dan style, meningkatkan jarak antara antera dan stigma, mengurangi anther dehiscence dan menyebabkan bertumpuknya serbuk sari pada stigma. Akibatnya, transfer serbuk sari ke stigma berkurang, sehingga membatasi kesuburan. Cekaman suhu rendah pada padi meningkatkan sterilitas akibat terganggunya perkembangan kotak sari dan serbuk sari selain itu juga terjadi kegagalan proses penyerbukkan (Limbongan et al., 2009)

### **Pengaruh cekaman suhu rendah terhadap pembungaan**

Temperatur rendah dapat mempengaruhi waktu berbunga melalui: (1) daun, (2) translokasi inisiasi sinyal dari daun ke meristem, (3) bunga itu sendiri, dan (4) dengan mengubah arsitektur tanaman (Thakur et al. 2010). Berdasarkan penelitian Borthwick et al. (1941) cit. Thakur et al. (2010) pada kedelai Biloxi, ketika tangkai daun didinginkan sampai 3°C, inisiasi bunga sangat tertekan sepenuhnya, dan ketika suhu 10°C dapat menunda inisiasi bunga. Pada jagung, pengaruh suhu rendah tepat sebelum atau pada awal transisi bunga menghambat perkembangan cabang meristem dan penurunan dramatis jumlah bunga jantan dan betina (Bechoux et al, 2000.). Nayyar et al. (2005) menyatakan cekaman suhu rendah menyebabkan gugurnya bunga pada buncis, meningkatkan konsentrasi asam absisat(ABA)pada bunga gugur.Pada kedelai periode sensitif akibat suhu rendah terjadi pada dua stadia yaitu (1) 3-4 hari sebelum anthesis bunga individu dimana hari ke-3 adalah jumlah hari saat mulai terjadi penurunan suhu ke saat penurunan persentase pemanjangan polong sedangkan hari ke-4 jumlah hari dari akhir penurunan suhu sampai pemulihan persentase pemanjangan polong, stadia (2) 12,5 - 13,5 hari setelah anthesis (Ohnishi et al. 2010).

### **Pengaruh cekaman suhu rendah terhadap pengisian biji**

Selama stres dingin jaringan reproduksi seperti tapetum, style dan endosperm menderita kekurangan gizi sebagai akibat berkurangnya mobilisasi zat terlarut dari source ke sink (Nayyar et al. 2005). Pada padi hal ini dapat menyebabkan degenerasi gabah, perpanjangan malai tidak lengkap dan peningkatan sterilitas gabah (Gunawardena et al. 2003). Suhu rendah akan menurunkan aktivitas enzim. Pada jagung enzim sangat berperan dalam akumulasi karbohidrat dan hidrolisis sukrosa untuk pengisian butir sehingga proses pengisian butir terhambat. Hasil penelitian Tranel et al. (2009) pada jagung yang mengalami cekaman suhu rendah menunjukkan terjadi pengurangan produksi polen (57%), malai (55%) dan tongkol (40%) akibat cekaman suhu. Pada padi menyebabkan terjadinya penurunan produksi 30-40% karena cekaman suhu rendah (Andaya et al., 2003)

## **ADAPTASI TERHADAP SUHU RENDAH**

Temperatur rendah mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kemudian menginduksi perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia pada tanaman (Waraich, et al. 2012). Tanaman melakukan berbagai strategi dalam menanggapi cekaman suhu rendah diantaranya strategi penghindaran (avoidance) dan toleransi (tolerance). Penghindaran terhadap cekaman dilakukan tanaman untuk mencegah pembekuan pada jaringan yang sensitif, kemudian normal kembali jika suhu kembali normal.

Tanaman alpin beradaptasi dengan cara meningkatkan kandungan anthosianin pada daunnya. Anthosianin selain berfungsi sebagai antioksidan pencegah ROS, juga mengabsorpsi radiasi sinar matahari yang lebih banyak sehingga meningkatkan suhu daun. Kemampuan untuk mencegah kerusakan membran plasma dengan cara meningkatkan kandungan antioksidan (Hasanuzzaman et al., 2013) dan suhu tubuh (Steponkus et al., 1993) agar proses metabolisme tetap berlangsung merupakan salah satu bentuk adaptasi tanaman terhadap cekaman suhu rendah.

Tanaman yang toleran suhu rendah mengakumulasi klorofil lebih tinggi pada daunnya (Aghaee et al, 2011) sehingga tetap dapat melakukan fotosintesis. Hal ini menjadi sebab kenapa padi dari sub spesies Japonica lebih toleran suhu rendah dari pada padi Indica. Selain itu biasanya tanaman toleran menyelesaikan siklus pertumbuhan tahunannya dengan baik, dengan melakukan dormansi pada musim dingin. Dormansi terjadi baik pada biji maupun pada daun (Kacperska, 1999), biji-biji tersebut bersifat dorman pada musim gugur dan akan berkecambah jika sudah melalui musim dingin.

## **PENINGKATAN TOLERANSI TANAMAN TERHADAP SUHU RENDAH**

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap suhu rendah diantaranya adalah: 1. Nutrisi. Unsur K dan Ca dapat mengurangi efek stress suhu rendah pada tanaman karena dapat meningkatkan serapan air ke tanaman melalui pengaturan mekanisme buka tutup stomata dan mempertahankan suhu tubuh (Waraich et al., 2011). 2. Meningkatkan senyawa antioksidan. Antioksidan dapat memperlambat degradasi asam lemak tidak jenuh dan mengurangi kerusakan membran sehingga dapat menjamin ketersediaan air dan nutrisi untuk tanaman. Penggunaan asam salisilat 0,5 mM dapat meningkatkan toleransi terhadap cekaman suhu rendah pada jagung, mentimun dan padi (Kang and Saltveit, 2002). 3. Penggunaan tanaman yang toleran suhu rendah. Rekayasa genetik memungkinkan pemulia memindahkan gen ketahanan pada suatu tanaman dan mengintroduksikannya ke tanaman lain untuk memperoleh tanaman yang toleran suhu rendah (Hasanuzzaman, 2013 ; Jouyban et al., 2013 ). 4. Melakukan aklimasi suhu rendah terhadap tanaman. Hal ini dapat dilakukan diantaranya dengan mengatur waktu penanaman.

## KESIMPULAN

1. Suhu rendah merupakan salah satu faktor yang paling mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta hasil tanaman.
2. Kondisi suhu rendah yang mempengaruhi tanaman dibagi atas kondisi chilling injuri dan freezing injuri.
3. Tanaman melakukan berbagai strategi untuk menyesuaikan diri dengan kondisi cekaman suhu rendah
4. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman suhu rendah diantaranya : pemberian nutrisi, peningkatan antioksidan, penggunaan tanaman toleran suhu rendah, aklimasi terhadap suhu dingin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen & Ord (2001) Allen, J.A., Ort, D.R., 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends Plant Sci.* 6, 36–42
- Andaya, V.C., Mackill, D.J., 2003. Mapping of QTLs associated with cold tolerance during the vegetative stage in rice. *J. Exp. Bot.* 54, 2579–2585.
- Bai, B., J. Wu, WT. Sheng, B. Zhou, LJ Zhou, W. Zhuang, DP. Yao, and QY. Deng. Comparative Analysis of Anther Transcriptome Profiles of Two Different Rice Male Sterile Lines Genotypes under Cold Stress . *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16, 11398-11416; doi:10.3390/ijms160511398.
- Clarke & Siddique (2004) Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., 2004. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development. *Field Crops Res.* 90, 323–334.
- Glaszmann JC, Kaw RN, Khush GS. 1990. Genetic divergence among cold tolerant rices (*Oryza sativa* L.). *Euphytica* 45, 95-104.
- Glaszmann JC. 1987. Isozymes and classification of Asian rice varieties. *Theoretical and Applied Genetics* 74, 21-30.
- Gunawardena, T.A., S. Fukai., and F.P.C Blamey. 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I: Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. *Aust. J. Agric. Res.* 54, 937–946.
- Hasanuzzaman, M., K. Nahar and M. Fujita. 2013. Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants . In *Abiotic Stress - Plant Responses and Applications in Agriculture*. K. Vahdati and C. Leslie (Eds). P.169-205
- Hayashi, H., 2001. Plant temperature stress. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, doi:10.1038/npg.els.0001320 (cited online at <http://www.els.net/>).
- Jouyban, Z., R. Hasanzade and S. Sharafi. 2013. Chilling stress in plants. *Intl J Agri Crop Sci.* Vol., 5 (24), 2961-2968.
- Kacperska A. (1999) Plant response to low temperature: signaling pathways involved in plant acclimation. In: Margesin R., Schinner F. (Eds), *Cold-adapted organisms –*

ecology, physiology, enzymology and molecular biology. Springer-Verlag, Berlin, Germany: pp. 79–103.

- Kang, H.M., Saltveit, M.E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. *Physiol. Plant.* 115: 571–576.
- Kirschbaum. D.S. 1998. Temperature and Growth Regulator Effect on Growth and Development of Strawberry. Thesis Master of Science. University of Florida. 167 p.
- Krarpup, C.J., J.Toha and R. Gonzales.2009. Symptons and sensitivity to chilling injury of Cantaloupe melons during postharvest. *Chilean J. Agric. Res.* 69 (2): 125-133.
- Lang, P., Zhang, C.K., Ebel, R.C., Dane, F., Dozier, W.A., 2005. Identification of cold acclimated genes in leaves of Citrus unshiu by mRNA differential display. *Gene* 359 :111–118
- Limbongan YA, Purwoko BS, Trikoesoemaningtyas, Aswidinnoor H. 2009. Respon genotipe padi sawah terhadap pemupukan nitrogen di Dataran Tinggi. *J Agrnomi* 37 (3): 175-182
- Nahar, K, & Biswas, J. K. Shamsuzzaman AMM, Hasanuzzaman M, Barman HN. 2009. Screening of indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes against low temperature stress. *Botany Research International* (2009), . vol.....2, 295-303.
- Nayyar, H., Bains, T.S., Kumar, S., Kaur, G., 2005b. Chilling effect during seed filling on accumulation of seed reserves and yield of chickpea. *J. Sci. Food Agric.* 85, 1925–1930.
- Nayyar, H., T.S. Bains and S. Kumar.2005a . Low temperature induced floral abortion in chickpea: relationship to abscisic acid and cryoprotectants in reproductive organs. *Environ. Exp. Bot.* 53 (1), 39–47.
- Ohnisi, S. ,T Miyoshi and S. Shirai. 2010. Low temperature stress at difrerent flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. *Environmental and Experimental Botany* 69: 56-62.
- Opik, H., S. A. Rolfe, Arthur John Wilis and H.E. Street. 2005. *The Fisiology of Flowering Plant.* Cambrigde University Press.. 292 p
- Pereira da Cruz, R., Milach, S.C.K., Federizzi, L.C., 2006. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. *Sci. Agric.* 63 (3), 255–261.
- Srinivasan, A., Saxena, N.P., Johansen, C., 1999. Cold tolerance during early reproductive growth of chickpea (*Cicer arietinum* L): genetic variation in gamete development and function. *Field Crops Res.* 60, 209–222.
- Thakur, P., S.Kumara., J.A. Malik., J.D. Berger., and H. Nayyar. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany.* (67) : 429–443
- Tranel, D., K. Allen., and P Antonio. 2009. Chilling Effects During Maize Tassel Development and The Lack of Compensational Plasticity. *Crop Science* (49) : 1952-1958.
- Waraich, E.A., R. Ahmad, A. Halim and T. Aziz. 2012. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2012. 12 (2), 221-244.

Waraich.E. A., Ahmad,R., Ashraf, M. Y. Saifullah,Ahmad, M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Sci.*, 61(4): 291-304.

Yoshida, S. Physiological analysis of rice yield. *Fundamentals of rice crop science*. Los Banos: International Rice Research Institute; (1981). , 231-251.