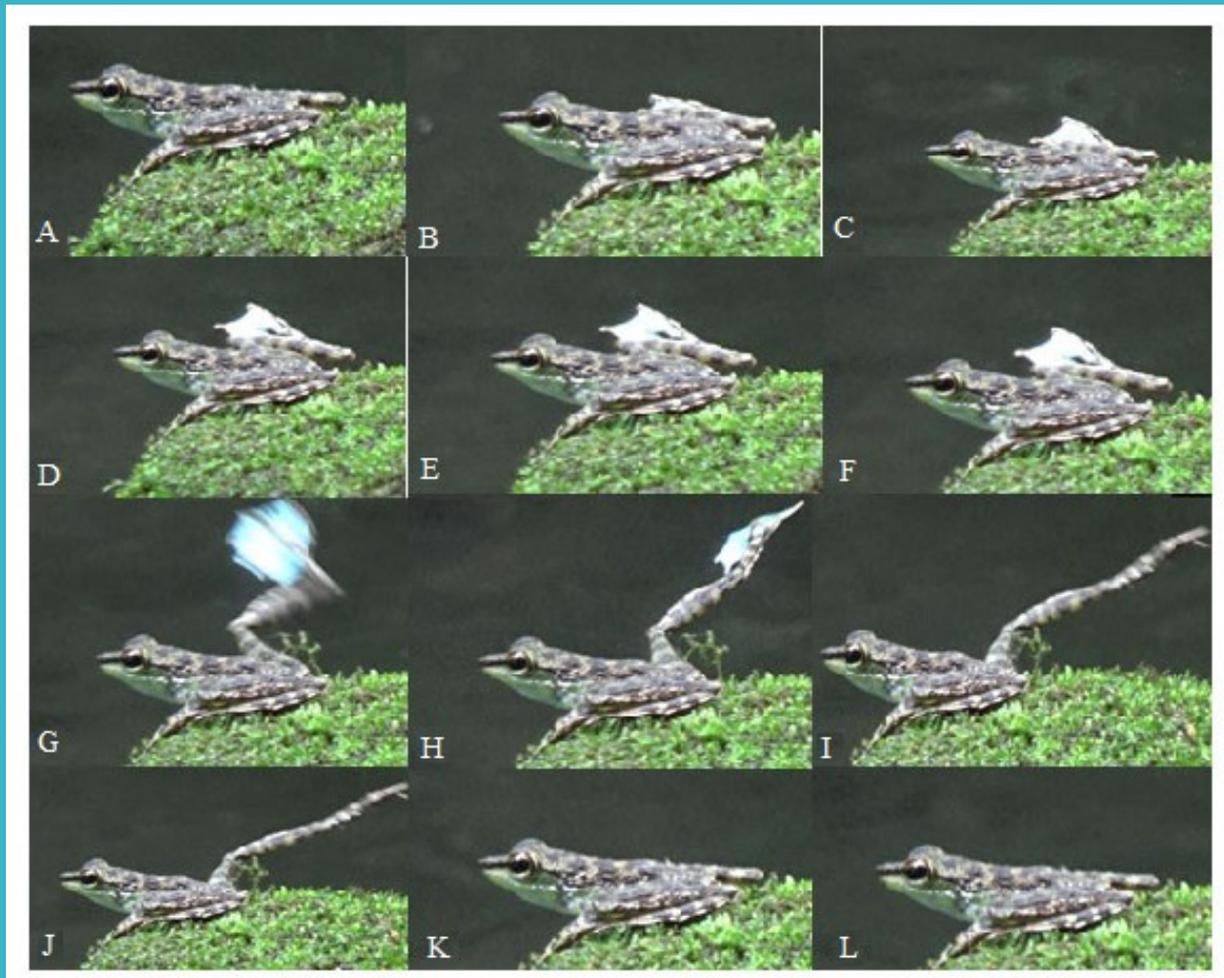


# Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



# BERITA BIOLOGI

Vol. 19 No. 3B Desember 2020

Terakreditasi Berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Penguatan Riset dan  
Pengembangan, Kemenristekdikti RI  
No. 21/E/KPT/2018

---

## Tim Redaksi (*Editorial Team*)

Andria Agusta (Pemimpin Redaksi, *Editor in Chief*)  
(Kimia Bahan Alam, Pusat Penelitian Kimia - LIPI)

Kusumadewi Sri Yulita (Redaksi Pelaksana, *Managing Editor*)  
(Sistematika Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Gono Semiadi  
(Mammalogi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Atit Kanti  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Siti Sundari  
(Ekologi Lingkungan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Arif Nurkanto  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Kartika Dewi  
(Taksonomi Nematoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dwi Setyo Rini  
(Biologi Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

## Desain dan Layout (*Design and Layout*)

Liana Astuti

## Kesekretariatan (*Secretary*)

Nira Ariasari, Budiarjo

## Alamat (*Address*)

Pusat Penelitian Biologi-LIPI  
Kompleks Cibinong Science Center (CSC-LIPI)  
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46,  
Cibinong 16911, Bogor-Indonesia  
Telepon (021) 8765066 - 8765067  
Faksimili (021) 8765059  
Email: [berita.biologi@mail.lipi.go.id](mailto:berita.biologi@mail.lipi.go.id)  
[jurnalberitabiologi@yahoo.co.id](mailto:jurnalberitabiologi@yahoo.co.id)  
[jurnalberitabiologi@gmail.com](mailto:jurnalberitabiologi@gmail.com)

---

Keterangan foto cover depan: *Sequence* gerakan yang ditunjukkan selama *foot-flagging* pada katak jantan (*S. gutattus*); (A) saat istirahat; (B) angkat kaki; (C-F) ekstensi kaki parsial; (G-J) ekstensi kaki penuh; (K-L) istirahat, sesuai dengan halaman 385

(Notes of cover picture): (*Sequence of movements shown during foot-flagging in male frogs (S. gutattus); (A) at rest; (B) leg lift; (C-F) partial leg extension; (G-J) full leg extension; (K-L) rest*), as in page 385)



**LIPI**

# **Berita Biologi**

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

**P-ISSN 0126-1754**  
**E-ISSN 2337-8751**  
Terakreditasi Peringkat 2  
21/E/KPT/2018  
Volume 19 Nomor 3B, Desember 2020

Berita Biologi	Vol. 19	No. 3B	Hlm. 361 – 489	Bogor, Desember 2020	ISSN 0126-1754
----------------	---------	--------	----------------	----------------------	----------------

**Pusat Penelitian Biologi - LIPI**

Ucapan terima kasih kepada  
Mitra Bebestari nomor ini  
19(3B) – Desember 2020

Dr. Satya Nugroho  
(Biologi Molekuler/Rekayasa Genetika Tanaman, Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI)

Dr. Surono, S.P., M.Agr.  
(Microbial Ecology/Dark septate endophytic fungi, Balai Penelitian Tanah - Badan Litbang  
Pertanian)

Dr. Mirza Dikari Kusri, M.Si.  
(Herpetologi, Ekologi Satwaliar, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor)

Prof. Dr. Dewi Malia Prawiradilaga  
(Ekologi Burung, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Mohammad Irham M.Sc.  
(Ekologi & Taksonomi Burung, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Adi Santoso  
(Bioteknologi, Pusat Penelitian Bioteknologi - LIPI)

Ir. Endang Purwaningsih  
(Taksonomi Nematode pada vertebrata liar, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Gloria Animalesto S.Si.  
(Taksonomi Trematoda pada vertebrata liar, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Arif Nurkanto, M.Si.  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Bambang Sunarko  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr.rer.nat.Dwi Setyo Rini M.Si.  
(Biologi Molekuler Tumbuhan, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Novik Nurhidayat  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Achmad Dinoto M.Sc.  
(Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Prof. Dr. Mulyadi  
(Biosistematika Copepoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)

Dr. Conni Margaretha Sidabalok M. App. Sc.  
(Biosistematika Isopoda, Pusat Penelitian Biologi - LIPI)



# TEKNOLOGI PIRAMIDA GEN TANAMAN PADI DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

[Pyramiding Gene Technology in Rice to Anticipate the Impact of Global Climate Change]

Fatimah\*✉, Joko Prasetyono, dan Sustiprijatno

Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.  
Jalan Tentara Pelajar No.3A Bogor 16111  
email: fatimahsuw@gmail.com

## ABSTRACT

In the attempt to maintain and hopefully increase national rice production, it is necessary to prepare agriculture sector in facing the impacts of climate change, land degradation, dry land, flooding, slowing production, and population growth rate. Adaptation efforts play an important role in ensuring the sustainability of food security. The development of adaptive rice varieties to abiotic stresses specifically drought and submergence stresses are expected to minimize damage, survive stress, continue to grow and produce. Development of Inpari 30 rice varieties tolerant to submergence to drought tolerant to have a broader spectrum of tolerance through marker-assisted backcrossing methods with the gene pyramid approach. The development of new variety using Inpari 30 as the background is one of the applications of pyramiding gene in Indonesia. Combining conventional breeding with molecular markers and phenotypic selection (drought and submergence) is expected to produce rice lines tolerant to drought and submergence with stabil yields and accelerate the homozygosity of the genome in the third generation. This is an alternative solution to dealing with climate change to support the national food security program.

**Key Words:** Rice, Drought, Submergence, Marker Assisted Backcrossing, gene pyramiding

## ABSTRAK

Dalam mempertahankan serta meningkatkan produksi padi nasional diperlukan kesiapan sektor pertanian pangan dalam menghadapi dampak perubahan iklim termasuk di dalamnya: degradasi lahan, lahan kering, banjir, pelandaian produksi, dan juga laju pertumbuhan penduduk yang tinggi. Upaya adaptasi berperan penting dalam menjamin keberlanjutan ketahanan pangan. Melalui pengembangan varietas adaptif pada cekaman abiotik khususnya cekaman kekeringan dan rendaman diharapkan mampu meminimalkan kerusakan, bertahan pada cekaman, tetap tumbuh dan berproduksi. Pengembangan varietas padi Inpari 30 yang toleran rendaman agar menjadi toleran terhadap kekeringan sehingga memiliki spektrum toleransi yang lebih luas melalui metode pemuliaan silang balik berbantu marka dengan pendekatan piramida gen. Pengembangan varietas unggul baru berlatar belakang Varietas Inpari 30 merupakan salah satu contoh kegiatan piramida gen yang sedang berlangsung di Indonesia. Penggabungan pemuliaan konvensional dengan teknologi marka molekuler dan seleksi fenotip (kekeringan dan rendaman) diharapkan mampu menghasilkan galur-galur padi yang toleran terhadap kekeringan dan atau rendaman dengan hasil tinggi dan mempercepat (akselerasi) homozigositas genom pada generasi ketiga. Hal ini merupakan alternatif solusi menghadapi perubahan iklim sehingga diharapkan dapat mendukung program ketahanan pangan nasional.

**Kata kunci:** Padi, Kekeringan, Rendaman, Seleksi Berbantu Marka Molekuler, piramida gen

## PENDAHULUAN

Keberhasilan upaya peningkatan produksi padi umumnya dihadapkan pada berbagai kendala dan masalah, antara lain yaitu perubahan iklim, dan cekaman biotik dan abiotik. Hal ini merupakan salah satu faktor pembatas khususnya di bidang pertanian yang dapat mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi.

Pengaruh perubahan iklim global diindikasikan dengan kejadian banjir, kekeringan dan pergeseran musim penghujan (Arnell *et al.*, 2011). Pada beberapa tahun terakhir, terjadinya pergeseran musim penghujan ditandai dengan perpanjangan musim kemarau/pemendekan musim hujan atau sebaliknya. Hal ini mengakibatkan perubahan awal dan durasi musim tanam sehingga dapat mempengaruhi indeks penanaman (IP), luas areal pertanaman, perubahan pola tanam dan musim panen (Runtuwuwu dan Syahbudin, 2007). Selain itu, banjir

dan kekeringan menyebabkan kegagalan penanaman bahkan puso (Ruminta dan Handoko, 2012; 2016). Di Indonesia, perubahan pola curah hujan merupakan ancaman karena selain irigasi pada lahan sawah, petani umumnya bergantung pada curah hujan untuk bertani, khususnya di lahan tadah hujan.

Boer *et al.*, (2009) menyebutkan bahwa frekuensi kekeringan pada pertanaman padi sawah khususnya di Jawa terjadi tiga kali dalam empat tahun dan meningkat tajam pada tahun El Nino dan frekuensi kejadian banjir pada pertanaman padi sawah berkisar antara dua hingga tiga kali dalam empat tahun dan umumnya meningkat tajam pada tahun La Nina. Las *et al.* (2011) menyebutkan bahwa perubahan iklim potensial diperkirakan menurunkan produksi padi nasional dari 2,45 – 5% menjadi lebih dari 10%.

Menurut data Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2016; 2018), areal pertanaman padi yang

\*Kontributor Utama

\*Diterima: 10 Maret 2020 - Diperbaiki: 12 November 2020 - Disetujui: 18 Desember 2020

mengalami puso atau gagal panen akibat cekaman banjir dan kekeringan kian meningkat setiap tahunnya. Pada periode tahun 2014 – 2018, pada Tahun 2014 luas areal padi yang mengalami puso karena serangan OPT, banjir dan kekeringan seluas 178.892 ha (1,32% dari luas tanam 13.569.481 ha) dengan luas puso tertinggi pada periode tersebut karena banjir seluas 141.045 ha (1,03% dari luas tanam 13.569.481 ha) terutama di Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Aceh. Sedangkan pada Tahun 2015 luas areal padi yang mengalami puso karena serangan OPT, banjir dan kekeringan seluas 250.296 ha (1,79% dari luas tanam 13.981.580 ha) dengan luas puso tertinggi pada periode tersebut karena kekeringan seluas 217.931 ha (1,56% dari luas tanam 13.981.580 ha) terutama di Provinsi Sulawesi Selatan, Jawa Barat dan Sumatera Selatan (Tabel 1). Apabila kondisi ini berlangsung terus menerus, maka akan berdampak pada penurunan produktivitas padi nasional.

Oleh karena itu tulisan ini membahas upaya dalam mengantisipasi perubahan iklim khususnya cekaman kekeringan dan rendaman yang dapat terjadi selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan inovasi berupa pengembangan varietas padi yang adaptif toleran kekeringan dan rendaman sehingga mendukung program ketahanan pangan nasional.

### Kategori kekeringan

Wilhite dan Glantz (1985) membagi kekeringan ke dalam 4 kategori yaitu kekeringan meteorologis, hidrologis, pertanian dan sosial ekonomis.

1. *Meteorological drought* (Kekeringan meteorologis) adalah kekeringan yang terjadi pada periode tertentu pada suatu wilayah karena variabilitas iklim seperti kurangnya curah hujan baik dari segi jumlah, intensitas dan waktu, meningkatnya evaporasi dan transpirasi, suhu tinggi, kelembaban rendah, dan sinar matahari. Menurut Hatmoko *et al.* (2015) kekeringan meteorologis di Indonesia, secara rutin dimonitor dan diprediksi oleh BMKG menggunakan *standardized precipitation index* (SPI).
2. Kekeringan pertanian adalah kondisi dimana terjadinya penurunan kadar air tanah sehingga mengakibatkan tanaman mengalami stress kekurangan air pada fase pertumbuhannya dan jika berlanjut pada fase generatif dapat mengakibatkan berkurangnya hasil atau bahkan kegagalan panen. Dalezios *et al.* (2017) melaporkan bahwa kekeringan pertanian berkaitan erat dengan karakteristik kekeringan meteorologis yang merupakan gabungan dari unsur tanaman, faktor tanah dan iklim.
3. Kekeringan hidrologis merupakan kekeringan yang menyebabkan defisit sumber daya air

**Tabel 1.** Perkembangan luas tanaman, banjir, kekeringan, serangan OPT dan puso di Indonesia selama tahun 2014-2018 (*The developing of plantation area, flooding, drought, pest and disease and crop failure in Indonesia during year 2014 – 2018*)

Tahun	Luas Tanam (Ha)	Puso		Puso		Puso		Total Puso
		Banjir (Ha)	Banjir (Ha)	Kekeringan (Ha)	Kekeringan (Ha)	OPT (Ha)	OPT (Ha)	
2014	13.569.481	338.378	141.045	216.345	35.423	445.000	2.424	178.892
2015	13.981.580	129.116	25.496	597.202	217.931	373.129	6.869	250.296
2016	15.502.647	253.514	58.780	77.197	8.699	353.766	3.558	71.037
2017	13.216.907	197.282	57.074	72.228	21.366	406,909	9,171	78.449
2018	13.945.275	120.194	42.621	185.264	39.297	281,365	3,103	81.921

Sumber: Dirjen Tanaman Pangan (2016; 2018)

permukaan dan air di bawah permukaan tanah untuk memenuhi ketersediaan air dalam sistem manajemen sumber daya air di suatu wilayah. Sebagai contoh berkurangnya aliran sungai, air di danau, waduk, irigasi, kolam, dan berkurangnya lahan basah.

4. Kekeringan sosial ekonomis terjadi jika permintaan terhadap barang-barang bernilai ekonomi melebihi ketersediaannya akibat kekurangan suplai air karena kondisi cuaca/iklim.

#### **Mekanisme toleransi tanaman terhadap kekeringan: dampak dan respon tumbuh kembang tanaman terhadap kekeringan**

Mekanisme toleransi kekeringan di berbagai tingkatan tanaman terbagi menjadi dua yaitu 1) adaptasi morfologi dan 2) adaptasi fisiologi (Farooq *et al.*, 2012).

##### 1. Adaptasi morfologi

###### 1.1 *Drought escape*

*Drought escape* adalah kemampuan tanaman untuk menyelesaikan siklus hidupnya sebelum cekaman kekeringan dimulai dan mengalami dormansi sebelum awal musim kemarau (Levitt 1980). *Drought escape* lebih menguntungkan di mana kemungkinan terjadinya *terminal drought* (kekeringan yang terjadi pada akhir siklus) selalu berulang oleh karena itu tanaman yang berumur genjah sering kali lolos dari *terminal drought* dibandingkan dengan tanaman berumur dalam (Meyre *et al.*, 2001). Menurut Kumar *et al.* (2008) *drought escape* pada dasarnya terdiri dari dua mekanisme berbeda yaitu perkembangan fenologis yang cepat (*rapid phenological development*) dimana tumbuhan berumur genjah memungkinkan untuk menghasilkan benih dengan persediaan air yang terbatas sedangkan perkembangan plastisitas (*developmental plasticity*) yaitu saat tanaman mampu menghasilkan pertumbuhan vegetatif, berbunga dan menghasilkan benih saat musim hujan kemudian selanjutnya dorman dan bertahan lama tanpa hujan seperti tanaman gurun.

###### 1.2. *Drought avoidance*

*Drought avoidance* merupakan kemampuan tanaman untuk memelihara jaringan dengan

mempertahankan status air saat kelembaban tanah menurun. Jaringan tanaman memiliki dua pilihan yaitu meminimalisasi kehilangan air akibat transpirasi dengan mempertahankan *level* air pada jaringan tanaman saat terjadi evaporasi atau dengan cara lain yaitu menambah pasokan air tanah/ penyerapan air oleh akar. Perbaikan genotipe dengan mekanisme *water use efficiency* (WUE) dengan mengurangi kehilangan air termasuk ke dalam *drought avoidance* (Blum, 2005).

Secara umum tanaman menghindari kekeringan dengan karakteristik: 1) memiliki kemampuan plastisitas akar yaitu perakaran yang dalam dan kasar dengan membentuk percabangan akar yang banyak dan melakukan penetrasi tanah (Wang *et al.*, 2006), 2) meningkatkan rasio akar terhadap pucuk lebih tinggi (Lei *et al.*, 2006), 3) mereduksi biomassa (Liu *et al.*, 2011). Serapan air oleh akar tanaman di daerah rizosfer dipengaruhi oleh laju evapotranspirasi, laju penyerapan air oleh akar tanaman dan ketersediaan air tanah. Kekurangan air di daerah perakaran menyebabkan aktivitas pembelahan sel di daerah meristem akar menurun sehingga menurunkan berat kering akar (Huang dan Jiang, 2000), 4) meningkatkan elastisitas dalam menggulung daun, orientasi daun ke arah vertikal dan mereduksi ukuran daun, sebagai respon penyesuaian tanaman padi untuk mengurangi penangkapan cahaya, transpirasi dan dehidrasi daun. Jika sel turgor dijaga dibawah cekaman kekeringan akan menghasilkan penundaan penggulungan daun. Namun, peningkatan penggulungan daun dibawah cekaman kekeringan memiliki keuntungan yaitu mencegah hilangnya air dan kerusakan akibat radiasi (Subashri *et al.*, 2009). 5) melakukan penutupan stomata lebih cepat dan resistensi kutikula yang tinggi. Saat jumlah air yang terbatas, mengurangi ukuran daun dan keragaan tanaman menjadi pilihan yang menguntungkan namun di sisi lain akan mengakibatkan produktivitas yang rendah (Sinclair dan Muchow, 2001).

##### 2. Adaptasi fisiologi

*Drought tolerance* merupakan kemampuan tanaman untuk bertahan hidup pada kadar air yang rendah dengan tetap memelihara aktivitas metabolisme (Delphine *et al.*, 2010). *Osmotic adjustment*, dinamika perubahan fitohormon dan

sistem pertahanan antioksidan merupakan adaptasi fisiologi yang umum terjadi saat kekeringan (Farooq *et al.*, 2012).

*Osmotic adjustment* atau osmoregulasi merupakan akumulasi zat terlarut organik dan anorganik saat terjadi cekaman kekeringan yang membantu menurunkan potensi air tanpa menurunkan kadar air aktual (Serraj dan Sinclair, 2002). Zat terlarut ini termasuk gula terlarut, gula alkohol, prolin, glisine betain, asam organik, trehalose. Larutan ini tidak hanya membantu memelihara tekanan turgor tetapi juga untuk melindungi enzim dan molekul makro sel dari efek merusak ROS (*reactive oxygen scavenging*) (Farooq *et al.*, 2009). *Osmotic adjustment* membantu tanaman saat cekaman kekeringan dengan dua cara: (1) membantu mempertahankan turgor daun dan dapat memperlambat pengguguran daun dengan meningkatkan konduktansi stomata untuk difusi CO<sub>2</sub> secara efektif dan intersepsi cahaya (Kiani *et al.*, 2007) sehingga mampu mempertahankan keberlangsungan fotosintesis pada cekaman kekeringan (Hsiao *et al.*, 1984) dan (2) meningkatkan kemampuan akar untuk menyerap lebih banyak air (Chimenti *et al.*, 2006).

Dinamika perubahan fitohormon pada cekaman kekeringan mempengaruhi sintesis zat pertumbuhan endogen. Umumnya, dalam kondisi stres, konsentrasi zat penghambat pertumbuhan meningkat dan menurunkan hormon pertumbuhan untuk mengatur kondisi air tanaman (Farooq *et al.*, 2009). Misalnya cekaman kekeringan dapat mengubah keseimbangan hormonal pada tanaman kacang-kacangan, dengan meningkatnya kandungan asam absisik (ABA), penurunan asam indol asetat (IAA) dan asam giberelin (GA3), serta penurunan tajam Zeatin (Figueiredo *et al.*, 2008). Genotipe padi yang dapat mempertahankan status air melalui biosintesis ABA sehingga mampu meminimalkan kehilangan hasil akibat kekeringan (Singh *et al.*, 2012). Asam salisilat (SA) meregulasi penuaan daun (*leaf senescent*) pada tanaman yang mengalami kekeringan dengan mobilisasi ulang unsur hara sehingga memungkinkan tanaman lainnya memperoleh manfaat dari unsur hara yang terakumulasi tersebut misalnya saat pengisian gabah, dapat membantu mempertahankan hasil panen (Kumar *et al.*, 2006).

Pada kondisi persediaan air yang terbatas saat cekaman kekeringan maka akan meningkatkan stres oksidatif, yaitu dengan memproduksi ROS secara berlebihan. Penurunan influks CO<sub>2</sub> seiring dengan penutupan stomata atau aktivitas enzim terganggu dan kerusakan pada apparatus fotosintesis saat cekaman kekurangan air dapat menurunkan regulasi fotosintesis dan mengarah pada pembentukan ROS (Flexas dan Medrano, 2002). Tanaman menghadapi ROS dengan sistem pertahanan antioksidan melalui komponen enzimatik dan non-enzimatik (Simova-Stoilova, 2008). Komponen antioksidan enzimatik antara lain: superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), peroksidase (POX), glutathione reductase (GR), dan askorbat peroksidase (APX) sedangkan antioksidan non-enzimatik antara lain: asam askorbat, a-tokoferol, glutathione tereduksi, b-karoten, PA, salisilat, prolin, GB dan zeaxanthin (Scandalios, 2005).

Balitbangtan saat ini telah melepas beberapa varietas unggul padi toleran terhadap kekeringan antara lain Inpari 18, Inpari 19, Inpari 20, Inpago 4, Inpago 5, Inpago 6, Inpago 8, dan Inpago Lipigo 4 (BB Padi, 2016). Selain itu, Silitonga dan Risliawati (2011) melaporkan koleksi inti plasma nutfah padi yang toleran terhadap kekeringan selama 14 hari pada musim kemarau di kebun percobaan Jakenan, Jawa Tengah yaitu Mudjahir, Randah Sarra, Serendah, Meurak Petani, Pelai, Parai Salak, Jatiluhur, Ekor Hitam, Olan, Bibok, Cirata, Raja Putih, Silugonggo, Cabacu dan Kalimutu dengan skor toleran hingga sedang pada fase vegetatif dan generatif. Varietas Jati Luhur memberikan potensi hasil paling tinggi yaitu 3,88 t/ha.

### **Mekanisme toleransi tanaman terhadap rendaman: dampak dan respon tumbuh kembang tanaman terhadap rendaman.**

Tanaman yang terendam didefinisikan sebagai tumbuhan yang mampu berdiri tegak di dalam air dengan setidaknya sebagian dari pucuk tanaman berada di atas air atau sepenuhnya tertutup air. Rendaman mengakibatkan rendahnya penetrasi cahaya yang dapat diterima oleh tanaman dan difusi gas terbatas karena difusi gas dalam air lebih lambat 104 kali dibandingkan dengan di udara (Armstrong dan Drew, 2002).

Secara umum, berdasarkan durasi banjir dan ketinggian air maka rendaman penuh dapat diklasifikasikan menjadi *flash flooding* atau banjir bandang dan *deepwater flooding* atau banjir air dalam. Banjir bandang disebabkan oleh hujan deras dan berlangsung kurang dari beberapa minggu dengan ketinggian air yang tidak terlalu dalam sedangkan banjir air dalam (*stagnant flood*) terjadi selama musim hujan dan berlangsung selama beberapa bulan dengan ketinggian air dapat mencapai beberapa meter (Catling, 1992). Di Indonesia, rendaman jangka pendek (*flash flood*) terjadi pada lahan rawa lebak dangkal dan di lahan sawah dengan tata air yang buruk sehingga mudah tergenang sedangkan rendaman jangka panjang (*deepwater flooding*) terjadi di lahan rawa lebak dalam di Sumatera dan Kalimantan (Hairmansis *et al.*, 2012).

#### Strategi adaptasi pada kondisi banjir bandang (*flash flooding*)

Catling (1992) mendefinisikan toleransi perendaman sebagai kemampuan tanaman padi untuk bertahan hidup selama 10-14 hari pada rendaman penuh dan mampu memperbaiki pertumbuhannya saat air surut dan tidak ada pemanjangan batang selama perendaman. Berdasarkan definisi ini maka tanaman yang dimaksud toleran rendaman adalah tanaman yang toleran terhadap banjir bandang (*flash flooding*) bukan toleran terhadap *deepwater flooding*.

Mekanisme adaptasi tanaman padi terhadap pengaruh rendaman penuh dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara memanjangkan batang atau *elongasi* yang terjadi secara cepat ini sebagai mekanisme *escape* umumnya terjadi di daerah dengan *deepwater flooding* dan mekanisme adaptasi melalui toleransi terhadap rendaman (*submergence tolerant*) (Setter *et al.*, 1997).

Pada kondisi rendaman, secara umum kultivar padi akan memanjangkan batang untuk mendapatkan oksigen dari permukaan air. Namun *elongasi* ini membutuhkan jumlah energi yang besar sehingga tanaman mengalami kerusakan parah bahkan mati (Jackson dan Ram, 2003). Mekanisme *escape* akan cepat menghabiskan energi karena banyak mengkonsumsi karbohidrat

untuk proses *elongasi*. Namun, kemampuan pemanjangan batang yang cepat pada saat banjir bandang justru akan merugikan karena tanaman akan rebah setelah air surut. Selain itu, akibat konsumsi karbohidrat yang tinggi secara cepat dapat menyebabkan tanaman mati dalam beberapa hari (Setter *et al.*, 1997).

Sebaliknya, padi FR13A asal India menunjukkan sedikitnya *elongasi* dan mengurangi energi yang dikeluarkan saat rendaman (Setter dan Laureles, 1996). Energi tersebut disimpan dan digunakan kembali untuk pertumbuhan setelah rendaman surut (Fukao *et al.*, 2006). Fukao dan Bailey-Serres (2007) menjelaskan mekanisme *quiescence* yaitu mekanisme bertahan hidup dengan memperlambat pertumbuhan sehingga mampu menghemat energi dan karbohidrat yang dikeluarkan.

Padi FR13A memiliki lokus *Submergence-1* (*SUB1*) pada kromosom 9 (Xu dan Mackill, 1996). Xu *et al.* (2006) menemukan bahwa lokus *SUB1* berisi *SUB1A*, *SUB1B*, dan *SUB1C*, menyandikan faktor respons etilen dan diregulasikan saat terjadi rendaman. Akan tetapi hanya *SUB1A* bertanggung jawab atas sifat toleransi terhadap banjir bandang. Untuk menghemat energi dan karbohidrat, *SUB1* menekan ekspresi gen pengkodean  $\alpha$ -amilase dan sukrosa sintase, yang terlibat dalam metabolisme pati dan sukrosa (Fukao *et al.*, 2006).

Fukao dan Bailey-Serres (2008) melaporkan bahwa *SUB1A* juga meningkatkan ekspresi gen yang mengkode SLENDER RICE-1 (*SLR1*) dan SLR1-like 1 (*SLRL1*), yaitu merupakan repressor kunci pada sinyal giberelin (GA) padi. Inilah yang mengatur respons GA untuk membatasi *elongasi* saat terendam sehingga galur padi toleran rendaman biasanya memiliki tingkat *elongasi* yang lambat dan memiliki kemampuan fotosintesis di bawah air (Adak *et al.*, 2011).

Pada lahan sawah dan sawah tadah hujan, pengelolaan air yang tidak memadai akan menyebabkan terjadinya banjir dan kekeringan. Oleh karena itu, intrograsi Gen *SUB1A* adalah cara yang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas padi (Fukao *et al.*, 2011). Saat ini, Balitbangtan telah melepas varietas toleran rendaman penuh selama 14 hari yang memiliki gen

*Sub1* yaitu Inpari 29, Inpari 30 (Ciherang *Sub-1*) (Septiningsih *et al.*, 2014), Inpara 4 (Swarna-*Sub1*), dan Inpara 5 (IR64-*Sub1*) (BB Padi, 2016).

### **Pemuliaan berbantu marka molekuler**

Dalam perakitan varietas baru, seleksi tanaman merupakan tahap yang penting. Tersedianya marka molekuler akan sangat membantu dan menjadikan seleksi tanaman lebih efisien. Pendekatan seleksi menggunakan marka molekuler akan sangat membantu dalam perakitan varietas baru jika dibandingkan seleksi fenotip konvensional. Menurut Collard dan Mackill (2008): 1) seleksi marka umumnya lebih mudah dibandingkan skrining fenotipik, dan menghemat waktu, tenaga, sumber daya. Selain itu, seleksi marka tidak merusak tanaman. 2) seleksi marka dapat dilakukan pada setiap tahap pertumbuhan, seperti saat fase bibit dan genotipe tanaman yang tidak diinginkan dapat dieliminasi lebih cepat. Selain itu, seleksi marka akan sangat berguna khususnya pada sifat-sifat yang diekspresikan hanya pada tahap perkembangan tertentu. 3) tanaman dengan kondisi homozigot atau heterozigot dapat diseleksi lebih awal dimana hal ini tidak dapat dilakukan pada skrining fenotip secara konvensional dan seleksi marka dapat mengidentifikasi beberapa sifat sekaligus.

Salah satu penanda yang sering digunakan dalam kegiatan pemuliaan berbasis marka adalah penanda mikrosatelit atau dikenal dengan *Simple sequence repeated* (SSR). Penanda SSR banyak digunakan untuk mempelajari dan mengetahui latar genetik pengendali berbagai sifat penting pada tanaman padi karena sifatnya yang kodominan, multialelik, dapat digunakan pada *indica* dan *japonica* dengan tepat, serta mudah, cepat, dan ekonomis dalam aplikasinya karena berdasarkan teknik PCR (McCouch *et al.*, 2002).

*Marker-assisted breeding* (MAB) atau pemuliaan berbantu marka merupakan teknik pemuliaan yang berbasis penanda DNA dengan menggunakan informasi genom dan pengujian genotipe untuk perbaikan sifat pada tanaman atau hewan (Jiang, 2015). Beberapa strategi pemuliaan berbantu marka adalah *marker-assisted selection* (MAS) atau seleksi dengan bantuan marka,

*marker-assisted backcrossing* (MABc) atau silang balik dengan bantuan marka, *marker-assisted recurrent selection* (MARS) atau seleksi berulang dengan bantuan marka, dan *genomewide selection* (GWS) atau seleksi genom (GS) (Ribaut *et al.*, 2010).

Salah satu strategi yang digunakan dalam perakitan varietas tanaman menggunakan bantuan marka molekuler adalah *Marker-Assisted Backcrossing* (MABc). Strategi ini menggunakan marka untuk menyeleksi tanaman yang membawa gen yang diinginkan (*foreground selection*) dan latar belakang genetik dari tetua yang diperbaiki sifatnya (*background selection*).

Menurut Frisch *et al.* (1999), MABc mempunyai beberapa keunggulan antara lain dapat menyingkat generasi silang-balik dari BC<sub>6</sub> menjadi BC<sub>3</sub> dan dapat mengurangi adanya tautan gen dari tetua donor ke tetua resipien. Ribaut dan Hoisington (1998) melaporkan penggunaan *Marker Assisted Backcrossing* (MABc) dapat mengembalikan genom tanaman 98% seperti tetua pemulih dibutuhkan dua kali silang balik, sedangkan dengan cara tradisional diperlukan 4-5 kali silang balik. Apabila diinginkan hanya satu segmen yang mengandung gen tertentu tanpa ada gangguan dari gen pengikut lain (tidak ada *linkage drag*) bila dilakukan secara tradisional diperlukan sampai 100 kali silang balik dan butuh waktu 50 tahun, sedangkan bila menggunakan marka molekuler cukup dilakukan sampai silang balik 2 kali saja. Hal ini akan sangat menguntungkan bagi dunia pemuliaan tanaman.

Di Indonesia, salah satu kegiatan pemuliaan silang balik berbasis marka molekuler (MABc) yang telah berhasil dilakukan adalah pemuliaan varietas padi tahan penyakit hawar daun bakteri dengan menggabungkan tiga gen ketahanan (*xa5*, *Xa7* dan *Xa21*) dan gen *Xa4* sebagai *background* ke dalam padi varietas Ciherang dan Inpari 13 (Fatimah dan Prasetyono, 2020).

### **Piramida gen dalam pemuliaan tanaman padi**

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengembangkan pemuliaan tanaman secara berkelanjutan terkait toleransi cekaman abiotik adalah melalui perbaikan genetik kultivar-kultivar

elit yang sudah ada dengan cara piramida gen (*gene pyramiding*). Piramida gen merupakan metode yang bertujuan menggabungkan beberapa gen pembawa sifat dari berbagai sumber tetua ke dalam suatu genotipe (Ye dan Smith, 2008). Menurut Joshi dan Nayak (2010), piramida gen baik digunakan untuk mengembangkan pemuliaan ketahanan terhadap lingkungan biotik maupun abiotik dengan spektrum yang lebih luas. Melalui pendekatan ini, varietas baru dapat dihasilkan dalam waktu yang lebih singkat sehingga mampu mengatasi kendala lingkungan yang terus berubah.

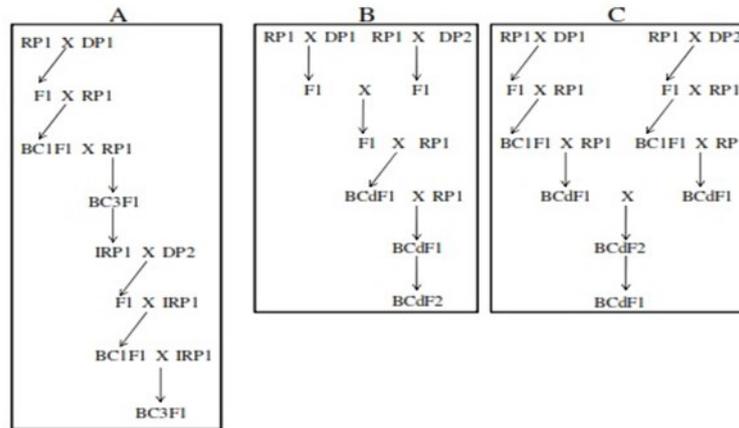
Malav *et al.* (2016) menyatakan bahwa secara umum piramida gen yang dibantu marka bisa dilakukan menggunakan tiga strategi. Strategi pertama yakni menyilangkan tetua pemulih/*recurrent parent* (RP<sub>1</sub>) dengan tetua donor/*donor parent* (DP<sub>1</sub>) untuk menghasilkan hibrid F<sub>1</sub>, selanjutnya dilakukan silang balik (*backcross*) hingga mencapai tiga generasi *backcross* (BC<sub>3</sub>). Populasi BC<sub>3</sub> ini kemudian berperan sebagai *improved recurrent parent* (IRP<sub>1</sub>) dan akan disilangkan dengan *donor parent 2* (DP<sub>2</sub>) untuk membentuk piramida yang terdiri dari banyak gen.

Strategi kedua yakni melakukan persilangan antara *recurrent parent* (RP<sub>1</sub>) dengan *donor parent* (DP<sub>1</sub>, DP<sub>2</sub>, dst) untuk memperoleh F<sub>1</sub> hibrid. Selanjutnya antar F<sub>1</sub> hibrid ini dilakukan persilangan untuk menghasilkan *improved F<sub>1</sub>* (IF<sub>1</sub>). Populasi IF<sub>1</sub> kemudian disilangkan dengan *recurrent parent* untuk memperoleh *improved recurrent parent* (IRP). Proses piramida ini kemudian selesai hingga dilakukannya seleksi *pedigree* berkelanjutan.

Strategi ketiga merupakan strategi kombinasi antara strategi pertama dengan strategi kedua yang melibatkan persilangan langsung antara *recurrent parent* (RP<sub>1</sub>) dengan banyak *donor parent* kemudian disilang balik hingga mencapai generasi silang balik ketiga (BC<sub>3</sub>). Populasi BC<sub>3</sub> yang memiliki satu gen kemudian disilangkan dengan lainnya untuk mendapatkan galur piramida. Strategi ketiga ini merupakan strategi yang paling diterima karena dengan cara seperti ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga proses fiksasi gen-gen target bisa dijamin dengan baik (Gambar 1) (Joshi dan Nayak, 2010).

Sebagai contoh, Ruengphayak *et al.* (2015) menggunakan pendekatan piramida gen dengan strategi Gambar 1.c. untuk mengembangkan padi PinK+4 sebagai tetua penerima karena Padi PinK+4 memiliki sifat-sifat unggul, yaitu: aromatik (*Os2AP*), *non-photoperiodsensitive* (*Hd1*), dan memiliki kadar amilosa tinggi (*Wx*) namun padi ini memiliki kekurangan yaitu rentan terhadap hama wereng batang coklat (WBC), penyakit hawar daun bakteri (HDB), penyakit blas dan rendaman. Oleh karena itu dilakukan piramida gen dengan mengintrogresikan lima gen yaitu (*xa5*, *Xa21*, *Sub1A-C*, *SSIIa*, *TPS*) dan tiga *Quantitative Trait Loci*/QTL (*qBph3*, *qBL1*, *qBL11*) dengan menggunakan empat donor yaitu CholSub1 sebagai donor toleran rendaman (*Sub1A-C*) dan suhu gelatinisasi (*SSIIa*), Xa497 sebagai donor ketahanan terhadap penyakit HDB (*xa5*, *Xa21*), RBPiQ sebagai donor ketahanan terhadap penyakit blas (*qBL1* dan *qBL11*) dan Bph162 sebagai donor ketahanan terhadap hama WBC (*qBph3*) dan putative sesquiterpene synthase (*TPS*). Kegiatan piramida gen ini telah dilakukan selama 4 tahun (2010-2013) dengan menggunakan tiga kali silang balik (BC<sub>3</sub>).

Menurut Fatimah *et al.* (2020) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam skema piramida gen agar strategi piramida gen ini berhasil, yaitu 1) memiliki informasi tentang marka molekuler yang presisi dengan gen/qlt target seperti jarak antara marka dan gen target, tipe marka yang akan digunakan, 2) perlu dilakukan survey polimorfisme marka molekuler pada tetua donor dan tetua penerima sebagai background genetik, 3) memperhatikan background genetik dari tetua penerima, apakah memiliki subspecies yang sama atau berbeda, 4) dapat menggunakan metode silang balik dengan sistem pedigree, 5) mempertimbangkan jumlah individu/ukuran populasi yang akan digunakan pada setiap silang balik 6) akumulasi jumlah gen/qlt yang ditargetkan pada suatu individu, 7) pada saat dilakukan seleksi genotipe perlu memperhatikan individu yang memiliki gen/qlt target dan sesuai dengan jumlah gen/qlt target (jika gen/qlt target adalah tiga maka dalam individu yang terpilih hasil seleksi genotipe akan memiliki tiga gen/qlt target tersebut), 8) perlu



**Gambar 1.** Berbagai macam skema silang balik untuk kegiatan piramida gen. (RP) *Recurrent parent*; (DP) *Donor parent*; (BC) *Backcross*; (IRP) *Improved recurrent parent*. A. Strategi pertama; B. Strategi kedua; C. Strategi ketiga (Sumber: Joshi dan Nayak, 2010). (*Back crossing schemes for pyramiding gene. (RP) Recurrent parent; (DP) Donor parent; (BC) Backcross; (IRP) Improved recurrent parent. A. First strategy; B. Second strategy; C. Third strategy (Source: Joshi and Nayak, 2010).*)

dilakukan seleksi fenotipe berupa ketahanan biotik/abiotik pada individu yang diuji untuk membandingkan dengan hasil seleksi genotipe, 9) perlu dilakukan validasi pada individu yang terpilih yaitu individu yang memiliki gabungan hasil seleksi genotipe dan seleksi fenotipe, dan 10) memperhatikan karakter agronomi dan komponen hasil untuk keragaan individu/populasi yang mendekati karakter tetua penerima dan potensi hasil yang tinggi setara dengan tetua penerima.

**Pendekatan piramida gen untuk toleransi rendaman dan kekeringan tanaman padi**

Dampak perubahan iklim ekstrim seperti banjir dan kekeringan menjadi kendala utama untuk keberlangsungan produktivitas tanaman pangan di lingkungan sawah terutama sawah tadah hujan. Oleh karena itu ketersediaan varietas yang memiliki kedua sifat toleransi perubahan iklim tersebut dapat membantu petani mengurangi kehilangan hasil panen. Sandhu *et al.* (2019) melaporkan pengembangan padi toleran kekeringan dan rendaman menggunakan metoda MAB dengan mengintroduksi tiga QTL toleran kekeringan

(*qDTY1.1, qDTY2.1, qDTY3.1*) dan satu gen toleran rendaman (*Sub1*) ke dalam Varietas Swarna dan telah dilepas varietas toleran kekeringan dan rendaman yaitu Varietas CR dhan 801 di India dan Varietas Bahuguni dhan-1 dan Varietas Bahuguni dhan-2 di Nepal.

Di Indonesia, saat ini telah dikembangkan galur piramida Ciherang-amfibi menggunakan metode pemuliaan silang balik berbasis teknologi marka molekuler dengan pendekatan piramida gen. Tetua donor adalah Varietas Cabacu yang memiliki tiga QTL yaitu *Root pulling force (qRPF2.1)* pada kromosom 2, *Grains per panicle (qGPP2.1)* pada kromosom 2 dan *Spikelet per panicle (qSPP4.1)* pada kromosom 4 kemudian ditransfer ke dalam padi Inpari 30 sebagai tetua penerima/*recurrent* (Inpari 30) yang memiliki gen *Sub1* (Fatimah *et al.*, 2018). Dalam penelitian ini telah diperoleh galur-galur yang telah melalui pengujian kekeringan dan rendaman. Galur-galur BC3F1 terpilih tersebut telah teridentifikasi memiliki kemiripan 84.1% hingga 95.3% dengan Inpari 30 (Lubba *et al.*, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat mempercepat diperolehnya varietas

unggul baru berupa varietas turunan esensial yang diharapkan minimal 70% kemiripan dengan varietas asalnya tetap dapat dipertahankan sehingga dapat diterima untuk pelepasan varietas melalui uji petak perbandingan (Kementerian Pertanian, 2018).

## PENUTUP

Untuk mengantisipasi perubahan iklim yang tidak menentu pada lahan sawah dan lahan tadah hujan maka metode pemuliaan dan varietas yang telah ada sekarang perlu ditingkatkan yaitu dengan menggunakan teknologi piramida gen berbasis pemuliaan berbantu marka molekuler sehingga dapat mengintroduksi beberapa sifat unggul. Hal ini akan sangat menguntungkan dunia pemuliaan tanaman. Piramida gen atau menggabungkan beberapa sifat yang diinginkan dari beberapa tetua donor dengan dibantu marka molekuler sangat diharapkan karena dapat diperoleh genotipe dengan *multiple* sifat unggul yang diinginkan sekaligus secara lebih cepat, akurat dan ekonomis. dalam waktu yang cepat. Pengembangan varietas adaptif tersebut diharapkan mampu melindungi tanaman, meminimalkan kerusakan dan memiliki spektrum toleransi dalam skala geografi yang luas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh KP4S TA 2016 – 2018. Badan Penelitian dan Pengembangan. Kementerian Pertanian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, W. and Drew, M.C., 2002. Root growth and metabolism under oxygen deficiency. Dalam: Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. eds. *Plant roots: the hidden half*. pp. 729–761. Marcel Dekker. New York.
- Collard, B. C. Y. and Mackill D. J., 2008. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1491), pp.557–572.
- BB Padi. 2016. Varietas padi toleran perubahan iklim. <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/content/389-varietas-padi-toleran-perubahan-iklim> (diunduh 31 Oktober 2018).
- Blum, A., 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, pp.1159–1168.
- Boer, R., Buono, A., Sumaryanto, Surmaini, E., Rakhman, A., Estiningtyas, W., Kartikasari, K. and Fitriyani., 2009. Agriculture Sector. Technical Report on Vulnerability and Adaptation Assessment to Climate Change for Indonesian's Second National Communication. Ministry of Environment and United Nation Development Programme, Jakarta.
- Catling, D., 1992. Rice in Deep Water. London: MacMillan Press.
- Chimenti, C.A., Marcantonio, M. and Hall, A.J., 2006. Divergent selection for osmotic adjustment results in improved drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) in both early growth and flowering phases. *Field Crops Research*, 95, pp. 305–315.
- Delphine, F., Jefferies, S., Kuchel, H. and Langridge, P., 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61(12), pp. 3211–3222.
- Farooq, M., Wahid, A., Ito, O., Lee, D.J. and Siddique, K.H.M., 2009. Advances in drought resistance of rice. *Critical Reviews in Plant Science*, 28, pp. 199–217.
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A. and Siddique, K.H.M., 2012. Drought Stress in Plants: An Overview dalam Aroca, R., ed. *Plant Responses to Drought Stress*. pp 1-33. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-32653-0\_1
- Fatimah dan Prasetyono, J., 2020. Pemanfaatan piramida gen ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri dalam mendukung perakitan varietas unggul padi. *Jurnal Litbang Pertanian*, 39(1), pp.11–20. DOI: 10.21082/jp3.v39n1.2020.p11
- Fatimah, Prasetyono, J., Trijatmiko, K.R. and Sustiprijatno., 2018. Molecular evaluation for drought tolerant using marker assisted breeding method. *Annales Bogorienses*, 22(2), pp. 94–100. DOI: <http://dx.doi.org/10.14203/ann.bogor.2018.v22.n2.94-100>
- Figueiredo, M.V.B., Buritya, A.H., Martinez, C.R. and Chanway, C.P., 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. *Applied Soil Ecology*, 40, pp. 182–188.
- Flexas, J. and Medrano, H., 2002. Energy dissipation in C3 plants under drought. *Functional Plant Biology*, 29, pp. 1209–1215.
- Frisch, M., Bohn, M. and Melchinger, A.E., 1999. Comparison of selection strategies for marker-assisted backcrossing of a gene. *Crop Science*, 39, pp. 1295–1301.
- Fukao, T. and Bailey-Serres, J., 2008. Submergence tolerance conferred by Sub1A is mediated by SLR1 and SLRL1 restriction of gibberellin responses in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, pp. 16814–16819.
- Fukao, T., Xu, K., Ronald, P.C. and Bailey-Serres, J., 2006. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. *Plant Cell*, 18, pp. 2021–2034.
- Fukao, T., Yeung, E. and Bailey-Serres, J., 2011. The submergence tolerance regulator SUB1A mediates crosstalk between submergence and drought tolerance in rice. *Plant Cell*, 23, pp. 412–427.
- Fukao, T. and Bailey-Serres, J., 2007. Ethylene - A key regulator of submergence responses in rice. *Plant Science*, 175, pp. 43–51.
- Fukao, T., Xu, K.N., Ronald, P.C. and Serres, B.J., 2006. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. *Plant Cell*, 18, pp. 2021–2034.
- Hairmansis, A., Supartopo, Kustianto, B., Suwarno, dan Pane. H., 2012. Perakitan dan pengembangan varietas unggul baru padi toleran rendaman air INPARA 4 dan INPARA 5 untuk daerah rawan banjir. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), pp.1–7.
- Hatmoko, Radhika, W., Raharja, B., Tollenaar, D. and Vernimmen, R., 2015. Monitoring and prediction of hydrological drought using a drought early warning system in Pemali-Comal river basin, Indonesia.

- Procedia Environmental Sciences*, 24, pp. 56–64.
- Hsiao, T.C., O'Toole, J.C., Yambao, E.B. and Turner, N.C., 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiology*, 75, pp. 338–341.
- Huang, B. and Jiang, Y. 2000. Effect of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky Bluegrass, *Crop Science*, 40, pp. 1358–1362.
- Jackson, M.B., and Ram, P.C., 2003. Physiological and molecular basis of susceptibility and tolerance of rice plants to complete submergence. *Annals of Botany*, 91, pp. 227–241.
- Jiang, G.L., 2015. Molecular Marker-Assisted Breeding: A Plant Breeder's Review Dalam Advances in Plant Breeding Strategies: Breeding, Biotechnology and Molecular Tools, Al-Khayri, J.M., et al. (eds.) pp. 431–472. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-22521-0\_15
- Joshi, R. K. and Nayak, S., 2010. Gene pyramiding: a broad spectrum technique for developing durable stress resistance in crops. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 5(3), pp. 51–60.
- Kementerian Pertanian. 2012. Pengembangan asuransi usaha tani padi untukantisipasi perubahan iklim. *Warta Penelitian dan Pengembangan*, 34(2), pp. 16–18.
- Kementerian Pertanian. 2014. Statistik lahan pertanian tahun 2009-2013. Jakarta, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Kementerian Pertanian. 2018. Prosedur Operasional Standar Penilaian Varietas Dalam Rangka Pelepasan Varietas Tanaman Pangan. pp. 127.
- Kiani, S.P., Talia, P., Maury, P., Grieu, P., Heinz, R., Perrault, A., Nishinakamasu, V., Hopp, E., Gentzbittel, L., Paniego, N. and Sarrafi, A., 2007. Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. *Plant Science*, 172, pp. 773–787.
- Kumar, A., Bernier, J., Verulkar, S., Lafitte, H.R. and Atlin, G.N., 2008. Breeding for drought tolerance: direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. *Field Crops Research*, 107(3), pp. 221–231.
- Kumar, R., Sarawgi, A.K., Ramos, C., Amarante, S.T., Ismail, A.M. and Wade, L.J., 2006. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. *Field Crops Research*, 98, pp. 1–11.
- Lei, Y.B., Yin, C.Y. and Li, C.Y., 2006. Differences in some morphological, physiological and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiology Plant*, 127, pp. 182–191.
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Dalam Water, radiation, salt and other stresses, Kozlowski, T.T., ed. pp.93–186. Academic, New York.
- Liu, H., Wang, X., Wang, D., Zou, Z. and Liang, Z., 2011. Effect of drought stress on growth and accumulation of active constituents in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Industrial Crops and Products*, 33, pp. 84–88.
- Lubba, K.M., Fatimah, Prasetyono, J. and Saptadi, D., 2020. Agronomic characterization and background selection of BC3F1 Inpari-30 × Cabacu rice lines using ssr markers for drought and submergence tolerance. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 52(1), pp. 17–29.
- Malav, A.K., Indu, and Chandrawat. K.S., 2016. Gene pyramiding: an overview. *International Journal of Current Research on Bioscience and Plant Biology*, 3(7), pp. 22–28.
- McCouch, S.R., Teytelman, L., Xu, Y., Lobos, K. B., Clare, K., Walton, M., Fu, B., Maghirang, R., Li, Z., Xing, Y., Zhang, Q., Kono, I., Yano, M., Fjellstrom, R., DeClerck, G., Schneider, D., Cartinhour, S., Ware, D. and Stein, L., 2002. Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (*Oryza sativa* L.). *DNA Research*, 9, pp. 199–207.
- Meyre, D., Leonardi, A., Brisson, G. and Vartanian, N., 2001. Drought-adaptive mechanisms involved in the escape/tolerance strategies of Arabidopsis Landsberg erecta and Columbia ecotypes and their F1 reciprocal progeny. *Journal of Plant Physiology*, 158, pp. 1145–1152.
- Dalezios, N.R., Gobin, A., Tarquis, A.M. and Eslamian, S., 2017. Agricultural Drought Indices: Combining Crop, Climate and Soil Factors Dalam Handbook of Drought and Water Scarcity. Eslamian, S. and Eslamian, F.A., eds, pp. 689. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Ribaut, J.M., de Vicente, M.C. and Delannay, X., 2010. Molecular breeding in developing countries: challenges and perspectives. *Current Opinion in Plant Biology*, 13, pp.1–6.
- Ribaut, J.M. and Hoisington, D., 1998. Marker-assisted selection: new tools and strategies. *Trends in Plant Science*, 3, pp. 236–239. doi:10.1016/S1360-1385(98)01240-0
- Ruengphayak, S., Chaichumpoo, E., Phromphan, S., Kamolsukyonyong, W., Sukhaket, W., Phuvanartnarubal, E., Korinsak, S. and Vanavichit, A., 2015. Pseudo-backcrossing design for rapidly pyramiding multiple traits into a preferential rice variety. *Rice*, 8(7), pp.1–16.
- Silitonga, T.S. dan Risliawati, A., 2011. Pembentukan core collection untuk sumber daya genetik padi toleran kekeringan. *Buletin Plasma Nutrafah*, 17(2), pp. 104–115.
- Sandhu, N., Dixit, S., Swamy, B.P.M., Raman, A., Kumar, S., Singh, S.P., Yadaw, R.B., Singh, O.N., Reddy, J.N., Anandan, A., Yadav, S., Venkataeshwarlu, C., Henry, A., Verulkar, S., Mandal, N.P., Ram, T., Badri, J., Vikram, P. and Kumar. A., 2019. Marker assisted breeding to develop multiple stress tolerant varieties for flood and drought prone areas. *Rice*, 12 (8), pp. 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0269-y>.
- Scandalios, J.G., 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, pp.995–1014.
- Septiningsih, E.M, Hidayatun, N., Sanchez, D.L., Nugraha, Y., Carandang, J., Pamplona, A.M., Collard, B.C.Y., Ismail, A.M. and Mackill. D.J., 2014. Accelerating the development of new submergence tolerant rice varieties: the case of Ciherang- *Sub1* and PSB Rc18-*Sub1*. *Euphytica*, 202, pp. 259–268.
- Setter, T.L. and Laureles, E.V., 1996. The beneficial effect of reduced elongation growth on submergence tolerance of rice. *Journal of Experimental Botany*, 47, pp. 1551–1559.
- Setter, T.L., Ellis, M., Laureles, E.V., Ella, E.S., Senadhira, D., Mishra, S.B., Sarkarung, S. and Datta, S., 1997. Physiology and genetics of submergence tolerance in rice. *Annals of Botany*, 79, pp. 67–77.
- Simova-Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., Tsenov, N. and Feller, U., 2008. Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. *Plant Soil Environment*, 54, pp. 529–536.
- Sinclair, T.R. and Muchow, R.C., 2001. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. *Agronomy Journal*, 93, pp. 263–270.
- Singh, S., Pradhan, S., Singh, A. and Singh, O., 2012. Marker validation in recombinant inbred lines and random varieties of rice for drought tolerance. *Australian Journal of Crop Science*, 6, pp. 606–612.

- Subashri, M., Robin, S., Vinod, S. and Rajeswari, S., 2009. Trait identification and qtl validation for productive stage drought resistance in rice using selective genotyping of near flowering RILs. *Euphytica*, 166(2), pp. 291–305.
- Wang, H., Inukai, Y. and Yamauchi, A., 2006. Root development and nutrient uptake. *Critical Reviews in Plant Science*, 25, pp. 279–301.
- Wilhite, D.A. and Glantz, M.H., 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10, pp. 111–120.
- Xu, K. and Mackill, D.J., 1996. A major locus for submergence tolerance mapped on rice chromosome 9. *Molecular Breeding*, 2, pp. 219–224.
- Xu, K., Xu, X., Fukao, T., Canlas, P., Maghirang-Rodriguez, R., Heuer, S., Ismail, A.M., Serres, B.J., Ronald, P.C. and Mackill, D.J. 2006. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature*, 442, pp. 705–708.
- Ye, G. and Smith, K. F., 2008. Marker assisted gene pyramiding for inbred line development: basic principles and practical guidelines. *International Journal of Plant*



# Pedoman Penulisan Naskah Berita Biologi

**Berita Biologi** adalah jurnal yang menerbitkan artikel kemajuan penelitian di bidang biologi dan ilmu-ilmu terkait di Indonesia. Berita Biologi memuat karya tulis ilmiah asli berupa makalah hasil penelitian, komunikasi pendek dan tinjauan kembali yang belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dikirim ke media lain. Masalah yang diliput harus menampilkan aspek atau informasi baru.

## Tipe naskah

### 1. Makalah lengkap hasil penelitian (*original paper*)

Naskah merupakan hasil penelitian sendiri yang mengangkat topik yang *up to date*. Tidak lebih dari 15 halaman termasuk tabel dan gambar. Pencantuman lampiran seperlunya, namun redaksi berhak mengurangi atau meniadakan lampiran.

### 2. Komunikasi pendek (*short communication*)

Komunikasi pendek merupakan makalah hasil penelitian yang ingin dipublikasikan secara cepat karena hasil teremuan yang menarik, spesifik dan atau baru, agar dapat segera diketahui oleh umum. Hasil dan pembahasan dapat digabung.

### 3. Tinjauan kembali (*review*)

Tinjauan kembali merupakan rangkuman tinjauan ilmiah yang sistematis-kritis secara ringkas namun mendalam terhadap topik penelitian tertentu. Hal yang ditinjau meliputi segala sesuatu yang relevan terhadap topik tinjauan yang memberikan gambaran '*state of the art*', meliputi temuan awal, kemajuan hingga issue terkini, termasuk perdebatan dan kesenjangan yang ada dalam topik yang dibahas. Tinjauan ulang ini harus merangkum minimal 30 artikel.

## Struktur naskah

### 1. Bahasa

Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Indonesia atau Inggris yang baik dan benar.

### 2. Judul

Judul diberikan dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Judul ditulis dalam huruf tegak kecuali untuk nama ilmiah yang menggunakan bahasa latin. Judul harus singkat, jelas dan mencerminkan isi naskah dengan diikuti oleh nama serta alamat surat menyurat penulis dan alamat email. Nama penulis untuk korespondensi diberi tanda amplop cetak atas (*superscript*). Jika penulis lebih dari satu orang bagi pejabat fungsional penelitian, pengembangan agar menentukan status sebagai kontributor utama melalui penandaan simbol dan keterangan sebagai kontributor utama dicatatkan kaki di halaman pertama artikel.

### 3. Abstrak

Abstrak dibuat dalam dua bahasa, bahasa Indonesia dan Inggris. Abstrak memuat secara singkat tentang latar belakang, tujuan, metode, hasil yang signifikan, kesimpulan dan implikasi hasil penelitian. Abstrak berisi maksimum 200 kata, spasi tunggal. Di bawah abstrak dicantumkan kata kunci yang terdiri atas maksimum enam kata, dimana kata pertama adalah yang terpenting. Abstrak dalam Bahasa Inggris merupakan terjemahan dari Bahasa Indonesia. Editor berhak untuk mengedit abstrak demi alasan kejelasan isi abstrak.

### 4. Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan dan tujuan penelitian. Perlu disebutkan juga studi terdahulu yang pernah dilakukan terkait dengan penelitian yang dilakukan.

### 5. Bahan dan cara kerja

Bahan dan cara kerja berisi informasi mengenai metode yang digunakan dalam penelitian. Pada bagian ini boleh dibuat sub-judul yang sesuai dengan tahapan penelitian. Metoda harus dipaparkan dengan jelas sesuai dengan standar topik penelitian dan dapat diulang oleh peneliti lain. Apabila metoda yang digunakan adalah metoda yang sudah baku cukup ditulis sitasinya dan apabila ada modifikasi maka harus dituliskan dengan jelas bagian mana dan hal apa yang dimodifikasi.

### 6. Hasil

Hasil memuat data ataupun informasi utama yang diperoleh berdasarkan metoda yang digunakan. Apabila ingin mengacu pada suatu tabel/grafik/diagram atau gambar, maka hasil yang terdapat pada bagian tersebut dapat diuraikan dengan jelas dengan tidak menggunakan kalimat 'Lihat Tabel 1'. Apabila menggunakan nilai rata-rata maka harus menyertakan pula standar deviasinya.

### 7. Pembahasan

Pembahasan bukan merupakan pengulangan dari hasil. Pembahasan mengungkap alasan didapatkannya hasil dan arti atau makna dari hasil yang didapat tersebut. Bila memungkinkan, hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan studi terdahulu.

### 8. Kesimpulan

Kesimpulan berisi informasi yang menyimpulkan hasil penelitian, sesuai dengan tujuan penelitian, implikasi dari hasil penelitian dan penelitian berikutnya yang bisa dilakukan.

### 9. Ucapan terima kasih

Bagian ini berisi ucapan terima kasih kepada suatu instansi jika penelitian ini didanai atau didukung oleh instansi tersebut, ataupun kepada pihak yang membantu langsung penelitian atau penulisan artikel ini.

### 10. Daftar pustaka

Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses *peer review*. Apabila harus menyitir dari "laporan" atau "komunikasi personal" dituliskan '*unpublished*' dan tidak perlu ditampilkan di daftar pustaka. Daftar pustaka harus berisi informasi yang *up to date* yang sebagian besar berasal dari *original papers* dan penulisan terbitan berkala ilmiah (nama jurnal) tidak disingkat.

## Format naskah

- Naskah diketik dengan menggunakan program Microsoft Word, huruf New Times Roman ukuran 12, spasi ganda kecuali Abstrak spasi tunggal. Batas kiri-kanan atas-bawah masing-masing 2,5 cm. Maksimum isi naskah 15 halaman termasuk ilustrasi dan tabel.
- Penulisan bilangan pecahan dengan koma mengikuti bahasa yang ditulis menggunakan dua angka desimal di belakang koma. Apabila menggunakan Bahasa Indonesia, angka desimal ditulis dengan menggunakan koma (,) dan ditulis dengan menggunakan titik (.) bila menggunakan bahasa Inggris. Contoh: Panjang buku adalah 2,5 cm. Length of the book is 2.5 cm. Penulisan angka 1-9 ditulis dalam kata kecuali bila bilangan satuan ukur, sedangkan angka 10 dan seterusnya ditulis dengan angka. Contoh lima orang siswa, panjang buku 5 cm.
- Penulisan satuan mengikuti aturan *international system of units*.
- Nama takson dan kategori taksonomi ditulis dengan merujuk kepada aturan standar yang diakui. Untuk tumbuhan menggunakan *International Code of Botanical Nomenclature* (ICBN), untuk hewan menggunakan *International Code of Zoological Nomenclature* (ICZN), untuk jamur *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plant* (ICFAFP), *International Code of Nomenclature of Bacteria* (ICNB), dan untuk organisme yang lain merujuk pada kesepakatan Internasional. Penulisan nama takson lengkap dengan nama author hanya dilakukan pada bagian deskripsi takson, misalnya pada naskah taksonomi. Penulisan nama takson untuk bidang lainnya tidak perlu menggunakan nama author.
- Tata nama di bidang genetika dan kimia merujuk kepada aturan baku terbaru yang berlaku.
- Untuk range angka menggunakan en dash (–), contohnya pp.1565–1569, jumlah anakan berkisar 7–8 ekor. Untuk penggabungan kata menggunakan hyphen (-), contohnya: masing-masing.
- Ilustrasi dapat berupa foto (hitam putih atau berwarna) atau gambar tangan (*line drawing*).
- Tabel  
Tabel diberi judul yang singkat dan jelas, spasi tunggal dalam bahasa Indonesia dan Inggris, sehingga Tabel dapat berdiri sendiri. Tabel diberi nomor urut sesuai dengan keterangan dalam teks. Keterangan Tabel diletakkan di bawah Tabel. Tabel tidak dibuat tertutup dengan garis vertikal, hanya menggunakan garis horisontal yang memisahkan judul dan batas bawah.

8. Gambar  
Gambar bisa berupa foto, grafik, diagram dan peta. Judul gambar ditulis secara singkat dan jelas, spasi tunggal. Keterangan yang menyertai gambar harus dapat berdiri sendiri, ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Gambar dikirim dalam bentuk .jpeg dengan resolusi minimal 300 dpi, untuk *line drawing* minimal 600dpi.
9. Daftar Pustaka  
Sitasi dalam naskah adalah nama penulis dan tahun. Bila penulis lebih dari satu menggunakan kata 'dan' atau *et al.* Contoh: (Kramer, 1983), (Hamzah dan Yusuf, 1995), (Premachandra *et al.*, 1992). Bila naskah ditulis dalam bahasa Inggris yang menggunakan sitasi 2 orang penulis maka digunakan kata 'and'. Contoh: (Hamzah and Yusuf, 1995). Jika sitasi beruntun maka dimulai dari tahun yang paling tua, jika tahun sama maka dari nama penulis sesuai urutan abjad. Contoh: (Anderson, 2000; Agusta *et al.*, 2005; Danar, 2005). Penulisan daftar pustaka, sebagai berikut:
  - a. **Jurnal**  
Nama jurnal ditulis lengkap.  
Agusta, A., Maehara, S., Ohashi, K., Simanjuntak, P. and Shibuya, H., 2005. Stereoselective oxidation at C-4 of flavans by the endophytic fungus *Diaporthe* sp. isolated from a tea plant. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53(12), pp.1565–1569.
  - b. **Buku**  
Anderson, R.C. 2000. *Nematode Parasites of Vertebrates, Their Development and Transmission*. 2nd ed. CABI Publishing, New York. pp. 650.
  - c. **Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya.**  
Kurata, H., El-Samad, H., Yi, T.M., Khammash, M. and Doyle, J., 2001. Feedback Regulation of the Heat Shock Response in *Eschericia coli*. *Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control*. Orlando, USA. pp. 837–842.
  - d. **Makalah sebagai bagian dari buku**  
Sausan, D., 2014. Keanekaragaman Jamur di Hutan Kabungolor, Tau Lumbis Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. Dalam: Irham, M. & Dewi, K. eds. *Keanekaragaman Hayati di Beranda Negeri*. pp. 47–58. PT. Eaststar Adhi Citra. Jakarta.
  - e. **Thesis, skripsi dan disertasi**  
Sundari, S., 2012. Soil Respiration and Dissolved Organic Carbon Efflux in Tropical Peatlands. *Dissertation*. Graduate School of Agriculture. Hokkaido University. Sapporo. Japan.
  - f. **Artikel online.**  
Artikel yang diunduh secara online ditulis dengan mengikuti format yang berlaku untuk jurnal, buku ataupun thesis dengan dilengkapi alamat situs dan waktu mengunduh. Tidak diperkenankan untuk mensitasi artikel yang tidak melalui proses peer review misalnya laporan perjalanan maupun artikel dari laman web yang tidak bisa dipertanggung jawabkan kebenarannya seperti wikipedia.  
Himman, L.M., 2002. A Moral Change: Business Ethics After Enron. San Diego University Publication. <http://ethics.sandiego.edu/LMH/oped/Enron/index.asp>. (accessed 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa inggris atau (diakses 27 Januari 2008) bila naskah ditulis dalam bahasa indonesia

#### **Formulir persetujuan hak alih terbit dan keaslian naskah**

Setiap penulis yang mengajukan naskahnya ke redaksi Berita Biologi akan diminta untuk menandatangani lembar persetujuan yang berisi hak alih terbit naskah termasuk hak untuk memperbanyak artikel dalam berbagai bentuk kepada penerbit Berita Biologi. Sedangkan penulis tetap berhak untuk menyebarkan edisi cetak dan elektronik untuk kepentingan penelitian dan pendidikan. Formulir itu juga berisi pernyataan keaslian naskah yang menyebutkan bahwa naskah adalah hasil penelitian asli, belum pernah dan tidak sedang diterbitkan di tempat lain serta bebas dari konflik kepentingan.

#### **Penelitian yang melibatkan hewan dan manusia**

Setiap naskah yang penelitiannya melibatkan hewan (terutama mamalia) dan manusia sebagai obyek percobaan/penelitian, wajib menyertakan '*ethical clearance approval*' yang dikeluarkan oleh badan atau pihak berwenang.

#### **Lembar ilustrasi sampul**

Gambar ilustrasi yang terdapat di sampul jurnal Berita Biologi berasal dari salah satu naskah yang dipublikasi pada edisi tersebut. Oleh karena itu, setiap naskah yang ada ilustrasinya diharapkan dapat mengirimkan ilustrasi atau foto dengan kualitas gambar yang baik dengan disertai keterangan singkat ilustrasi atau foto dan nama pembuat ilustrasi atau pembuat foto.

#### **Proofs**

Naskah *proofs* akan dikirim ke penulis dan penulis diwajibkan untuk membaca dan memeriksa kembali isi naskah dengan teliti. Naskah proofs harus dikirim kembali ke redaksi dalam waktu tiga hari kerja.

#### **Pengiriman naskah**

Naskah dikirim secara online ke website berita biologi: [http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita\\_biologi](http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi)

#### **Alamat kontak**

Redaksi Jurnal Berita Biologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI  
Cibinong Science Centre, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong 16911  
Telp: +61-21-8765067, Fax: +62-21-87907612, 8765063, 8765066,  
Email: [berita.biologi@mail.lipi.go.id](mailto:berita.biologi@mail.lipi.go.id)  
[jurnalberitabiologi@yahoo.co.id](mailto:jurnalberitabiologi@yahoo.co.id) atau  
[jurnalberitabiologi@gmail.com](mailto:jurnalberitabiologi@gmail.com)

# BERITA BIOLOGI

Vol. 19(3B)

Isi (*Content*)

Desember 2020

P-ISSN 0126-1754  
E-ISSN 2337-8751

## TINJAUAN ULANG (*REVIEW*)

### TEKNOLOGI PIRAMIDA GEN TANAMAN PADI DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL [Pyramiding Gene Technology in Rice to Anticipate the Impact of Global Climate Change]

*Fatimah, Joko Prasetyono, dan Sustiprijatno* ..... 361 – 371

### MEKANISME RESPON TANAMAN TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

#### [The Mechanism of Plant Response to Drought Stress]

*Dwi Setyo Rini, Budiarmo, Indra Gunawan, Radi Hidayat Agung, dan Rina Munazar* ..... 373 – 384

## MAKALAH HASIL RISET (*ORIGINAL PAPERS*)

### PERILAKU SINYAL AKUSTIK DAN VISUAL DARI KATAK JANTAN *Staurois gutattus* DI GUNUNG POTENG KALIMANTAN BARAT

#### [Behavior of Acoustic and Visual Signals From the Male Frog *Staurois gutattus* at Mountain Poteng West Kalimantan]

*Mohamad Jakaria, Junardi, dan Riyandi* ..... 385 – 391

### MONITORING KEANEKARAGAMAN JENIS BURUNG PADA BERBAGAI TUTUPAN LAHAN DI *CIBINONG SCIENCE CENTER (CSC)*, JAWA BARAT

#### [Monitoring of Bird Diversity in Various Land Cover in Cibinong Science Center (CSC), West Java]

*Yohanna* ..... 393 – 409

### Efektivitas Dosis Karbon Tetraklorida ( $CCl_4$ ) Terhadap Tikus (*Rattus norvegicus* L.) Sebagai Hewan Model Fibrosis Hati

#### [The Effectiveness Of Carbon Tetrachloride ( $CCl_4$ ) Dosage On Rats As Animal Model Liver Fibrosis]

*Fahri Fahrudin, Sri Ningsih, Hajar Indra Wardhana, Dinda Rama Haribowo, dan Fathin Hamida* ..... 411– 422

### LARVA TREMATODA PADA SIPUT AIR TAWAR DI AREAL PERSAWAHAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

#### [Trematode Larvae in Freshwater Snail on Rice Fields Area in Special Region of Yogyakarta]

*Soenarwan Hery Poerwanto, Dian Antika Kusuma Dewi, dan Giyantolin* ..... 423 – 431

### THE FUNCTIONAL CHARACTER OF *Auricularia auricula* CRUDE POLYSACCHARIDES: ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY

#### [Karakter Fungsional dari Ekstrak Kasar Polisakarida *Auricularia auricula*: Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri]

*Rizki Rabeca Elfirta dan Iwan Saskiawan* ..... 433 – 440

### ISOLASI DAN KARAKTERISASI ISOLAT BAKTERI RESISTEN TEMBAGA DARI SUNGAI CISADANE [Isolation and Characterization of Copper Resistant Bacteria from Cisadane River]

*Wahyu Irawati dan Candra Yulius Tahya* ..... 441 – 450

### ANALISIS KERAGAMAN GENETIK AKSESI KEDELAI INTRODUKSI DARI WILAYAH SUBTROPIS BERBASIS MORFOLOGI DAN MOLEKULER

#### [Morphological and Molecular Based Genetic Diversity Assessment Among Soybean Accessions Introduced from Subtropical Areas]

*Rerenstradika Tizar Terryana, Nickita Dewi Safina, Suryani, Kristianto Nugroho, dan Puji Lestari* ..... 451 – 465

### EFEK SELENIUM OKSIKLORIDA TERHADAP AKTIVITAS IMUNOMODULATOR DARI EKSPOLI- SAKARIDA *Lactobacillus plantarum*

#### [Effect of Selenium Chloride on Immunomodulatory Activity of Exopolysaccharide by *Lactobacillus plantarum*]

*Fifi Afiati, D.C. Agustina, S. Wiryowidagdo, Kusmiati, dan Atit Kanti* ..... 467 – 475

### FLUKTUASI KEPADATAN MEGABENTOS DI PERAIRAN KENDARI, SULAWESI TENGGARA

#### [Density Fluctuation of Megabenthic Fauna in Kendari Waters, South-East Sulawesi]

*Ucu Yanu Arbi, Paiga Hanurin Sawonua, dan Hendrik A.W. Cappenberg* ..... 477 – 489