

**APLIKASI FISILOGI TUMBUHAN  
DALAM UPAYA MITIGASI DAMPAK  
PERUBAHAN IKLIM GLOBAL**



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Fisiologi Tumbuhan  
pada Fakultas Biologi  
Universitas Gadjah Mada**

**Oleh:  
Prof. Dr. Diah Rachmawati, S.Si., M.Si.**

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Yang terhormat:*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Majelis Wali Amanat  
Rektor dan Wakil Rektor*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar*

*Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik*

*Dekan, Wakil Dekan, Direktur dan Kepala Pusat Studi di  
Lingkungan Universitas Gadjah Mada*

*Para undangan, teman sejawat, tenaga kependidikan, keluarga dan  
kerabat, para mahasiswa, serta hadirin yang berbahagia*

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah banyak melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita semua, sehingga pada saat ini kita masih diberi kesehatan dan kesempatan untuk dapat bertemu di tempat ini. Saya ucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada seluruh pimpinan Universitas yang telah memberi kesempatan kepada saya pada acara Rapat Terbuka Universitas Gadjah Mada hari ini untuk menyampaikan Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam bidang Fisiologi Tumbuhan pada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh hadirin yang berkenan hadir pada acara pengukuhan hari ini.

Pada kesempatan ini perkenankan saya untuk menyampaikan uraian singkat berkaitan dengan keberlangsungan hidup tumbuhan pada kondisi perubahan iklim global yang semakin terasa dampaknya terhadap lingkungan. Fisiologi Tumbuhan sebagai salah satu cabang ilmu hayati yang mempelajari fungsi dan perilaku tumbuhan, mencakup semua proses dinamis pertumbuhan, metabolisme, reproduksi, pertahanan, dan komunikasi yang menjelaskan bagaimana cara tumbuhan untuk bertahan hidup.

Perubahan iklim menjadi ancaman bagi kelangsungan hidup komponen biotik dalam ekosistem termasuk di dalamnya tumbuhan. Sangat penting untuk dilakukan kajian bagaimana dampak dan respons tumbuhan, serta strategi mitigasi cekaman lingkungan yang dipicu perubahan lingkungan. Didasarkan pada riset fisiologi tumbuhan yang berkaitan dengan perubahan kondisi lingkungan, maka naskah pidato ini diberi judul:

## **APLIKASI FISILOGI TUMBUHAN DALAM UPAYA MITIGASI DAMPAK PERUBAHAN IKLIM GLOBAL**

*Pimpinan sidang dan hadirin yang saya hormati,*

Tumbuhan memainkan peran penting dalam berlangsungnya kehidupan di bumi. Tumbuhan memulai semua rantai makanan karena mampu menyuplai senyawa organik yang dihasilkan melalui fotosintesis. Namun demikian, karena tumbuhan adalah organisme yang bersifat *sessile* atau tidak dapat berpindah tempat, maka selama siklus hidupnya kehidupan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sementara itu, faktor lingkungan bersifat dinamik dan berubah sepanjang waktu. Sepanjang siklus hidupnya, suatu tumbuhan akan berada pada suatu lingkungan yang tidak pernah sama.

Perubahan lingkungan yang dipicu perubahan iklim global berdampak pada kondisi lingkungan yang tidak ideal bagi tumbuhan. Dengan kata lain tumbuhan mengalami stres atau cekaman. Istilah stres atau cekaman merujuk pada suatu kondisi lingkungan tidak ideal yang akan membatasi fungsi tumbuhan. Lambers et al. (2008) mendefinisikan cekaman sebagai faktor lingkungan yang mengurangi laju beberapa proses fisiologis misalnya, pertumbuhan atau fotosintesis di bawah tingkat maksimum bagi tumbuhan untuk bisa bertahan. Dengan kata lain, setiap perubahan di lingkungan sekitar dapat mengganggu homeostasis. Kondisi lingkungan ekstrim dapat

memiliki dampak buruk pada pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup tumbuhan.

### **A. Dampak Perubahan Iklim pada Tumbuhan**

Perubahan iklim yang terjadi saat ini, diprediksi akan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman pangan lebih dari 50% pada tahun 2050 (Fang dan Xiong, 2015). Perubahan iklim global berupa peningkatan CO<sub>2</sub>, kekeringan, salinitas, dan temperatur tinggi atau rendah dapat menyebabkan berbagai cekaman yang akan mempengaruhi proses fisiologi tumbuhan.

**Peningkatan CO<sub>2</sub>** - berdampak pada peningkatan suhu bumi. Peningkatan CO<sub>2</sub> secara langsung mempengaruhi fotosintesis, pertukaran gas, dan proses perkembangan tumbuhan lainnya. Peningkatan laju fotosintesis sejalan dengan peningkatan CO<sub>2</sub> akan meningkatkan fotosintesis bersih dan akumulasi karbohidrat. Akan tetapi, paparan konsentrasi CO<sub>2</sub> tinggi dalam waktu yang lama juga dapat mengurangi aktivitas fotosintesis dan produksi biomassa tumbuhan (Wang et al., 2013), dan secara signifikan dapat mengurangi produktivitas dan kualitas tumbuhan (Gamage et al., 2018).

**Peningkatan suhu** - yang terus menerus dapat menyebabkan cekaman panas pada tumbuhan yang secara signifikan berpengaruh terhadap kemampuan fotosintesis karena dapat mengurangi level pigmen fotosintesis dan aktivitas enzim antioksidan (Jajoo dan Allakhverdiev, 2017). Pengurangan pigmen fotosintesis ini berkaitan dengan peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species (ROS)*, yang menyebabkan cekaman oksidatif pada tumbuhan, dan berdampak pada penurunan laju pertumbuhan tumbuhan (Chalanika De silva dan Asaeda, 2017). Paparan suhu tinggi terhadap tumbuhan dalam waktu lama dapat menyebabkan perubahan serius pada aktivitas metabolisme dan disorganisasi seluler yang mengakibatkan penurunan laju pertumbuhan dan perkembangan (Rai et al., 2018). Cekaman suhu tinggi juga mempengaruhi tahap reproduksi tumbuhan karena

mengakibatkan penurunan hasil secara drastis akibat terjadinya infertilitas polen (Zinn et al., 2010).

**Kekeringan** - merupakan cekaman lingkungan abiotik yang paling merusak dan sangat mempengaruhi produksi, laju pertumbuhan, biomassa dan hasil tanaman (Anjum et al., 2011). Perubahan iklim global dapat menyebabkan pola curah hujan yang tidak teratur dan dapat meningkatkan risiko kekeringan di beberapa wilayah. Kekeringan menyebabkan penyimpangan fungsi fisiologis, fotosintesis, serta perkembangan. Dampak fisiologis pada kondisi kekeringan mengarah pada penurunan kadar klorofil, aktivitas enzim pada fotosistem II, konduktansi stomata, potensial air, kadar air nisbi sel, peningkatan kadar hormon asam absisat dan produksi *ROS* (Raza et al., 2019). Intensitas kekeringan yang meningkat dalam beberapa dekade terakhir, dapat mengganggu ketahanan pangan global. Pada tanaman padi, kekeringan menurunkan biomassa sebesar 25,2% dan hasil gabah sebesar 25,4% (Zhang et al., 2018).

**Salinitas** - menyebabkan berbagai komplikasi metabolisme pada tumbuhan karena ketidakseimbangan osmotik, kekurangan nutrisi, kelebihan ion yang mengakibatkan produksi *ROS* berlebih dan akhirnya mengakibatkan kerusakan oksidatif (Hasanuzzaman et al., 2020). Kondisi tersebut mengganggu transpor air dan mineral dalam jaringan tanaman, menurunkan laju fotosintesis yang berakibat pada penurunan produktivitas tanaman (Hniličková et al., 2019).

Semua cekaman lingkungan tersebut dapat mempengaruhi produktivitas pertanian dan keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, mitigasi terhadap perubahan iklim global sangat penting untuk meminimalkan dampaknya.

*Hadirin yang saya hormati,*

## **B. Respons tumbuhan terhadap perubahan lingkungan**

Di lingkungan alaminya, tumbuhan harus berhadapan dengan beberapa cekaman abiotik secara bersamaan. Oleh karena itu, kajian fisiologi tumbuhan untuk memahami bagaimana respons secara umum

dan interaksinya dengan respons spesifik cekaman menjadi sangat penting. Dalam kehidupannya, tumbuhan bersifat dinamis dan dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan. Tumbuhan menanggapi efek merugikan dari cekaman melalui beberapa mekanisme dalam skala waktu yang berbeda, tergantung pada sifat cekaman dan proses fisiologis yang terpengaruh. Berdasarkan tahapan waktu respons tumbuhan dapat diungkapkan dalam tiga skala waktu yaitu respons cekaman, aklimasi, dan adaptasi (Lambers et al., 2008). Kemampuan adaptasi tumbuhan untuk bertahan dalam kondisi cekaman disebut resistensi. Menurut Fang dan Xiong (2015), bentuk resistensi tumbuhan terhadap cekaman lingkungan ditunjukkan melalui berbagai strategi antara lain mekanisme lolos (*escape*), penghindaran (*avoidance*), toleransi (*tolerance*), dan pemulihan (*recovery*). Toleransi merupakan bentuk adaptasi yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi cekaman dengan dan tanpa penurunan performa metabolisme.

Pada kondisi terdapat cekaman, tumbuhan telah mengembangkan sejumlah proses pertahanan untuk mentolerir cekaman abiotik melalui respons morfologis, fisiologis, dan molekuler.

### **Respons Morfologis**

Respons tumbuhan terhadap cekaman ditunjukkan dari adanya perubahan karakter morfologis untuk mengurangi dampak cekaman. Sebagai contoh: respons morfologis tumbuhan karena kekeringan ditunjukkan dengan pengguguran daun, absisi bunga, perubahan permeabilitas kutikula, dan penurunan luas daun (Fang dan Xiong, 2015). Selain itu, pada tumbuhan yang berada di kawasan yang kering, pembentukan akar menjadi lebih dalam untuk memaksimalkan absorpsi air dan meningkatkan penetrasi pada media pertumbuhan pada saat kekeringan (Zhu et al., 2008).

## Respons fisiologis

Perubahan proses fisiologis tumbuhan sebagai respons terhadap cekaman abiotik, antara lain ditunjukkan melalui kondisi berikut ini.

- a. Pengaturan konduktansi stomata dan laju transpirasi untuk mengurangi kehilangan air pada saat kekeringan. Konduktansi stomata dan transpirasi tumbuhan mengalami penurunan pada kondisi kekeringan. Hal ini disebabkan oleh penutupan stomata yang berfungsi untuk meminimalkan transpirasi dan mempertahankan turgor sel (Piveta et al., 2021).
- b. Pengaturan konsentrasi osmotik dalam sel melalui sintesis osmoprotektan seperti prolin, sukrosa, glisin betain dan trehalosa dapat membantu tumbuhan bertahan hidup dalam kondisi cekaman abiotik. Akumulasi osmoprotektan di dalam sel dapat mengatur keseimbangan perbedaan osmosis antara sekeliling sel dan lingkungan sitosol (Singh et al., 2015).
- c. Pengaturan sistem pertahanan antioksidan untuk mengurangi cekaman oksidatif terdiri atas antioksidan enzimatis (SOD, CAT, POX, APX, GPX) dan antioksidan non-enzimatis (Asam askorbat, glutathion, flavonoid, alkaloid dan senyawa fenolik). Antioksidan enzimatis dan non-enzimatis bekerja secara terkoordinasi untuk menghambat produksi *ROS* berlebih pada tumbuhan yang mengalami cekaman lingkungan (Hasanuzzaman et al., 2020).

## Respons molekuler

Respons molekuler tumbuhan terhadap cekaman terjadi melalui ekspresi gen tertentu dalam suatu regulasi yang disebut jalur sinyal transduksi. Proses ini ditujukan untuk mengamplifikasi sinyal cekaman dari lingkungan guna menyintesis protein-protein khusus, enzim dan metabolit yang berguna dalam pertahanan tumbuhan terhadap cekaman (Lata et al., 2015). Jalur sinyal transduksi pada tumbuhan dimulai dengan adanya proses persepsi sinyal oleh reseptor yang akan berinteraksi dan terikat bersama molekul ekstra sel yang

disebut sebagai ligan atau elisitor. Sinyal cekaman dari lingkungan akan ditransduksikan menghasilkan pembentukan efek yang mengarah pada respons fisiologis dan ekspresi gen responsif cekaman yang menyebabkan perubahan anatomis dan morfologis tumbuhan (Lata et al., 2015). Sinyal untuk setiap perubahan lingkungan pada akhirnya mengarah pada ekspresi gen berbeda yang terkait dengan jalur sinyal transduksi terkait cekaman yang berbeda misalnya gen *OsP5CS* dan *OsP5CR* yang berperan pada ketahanan tanaman padi terhadap cekaman kekeringan melalui biosintesis osmoprotektan prolin (Salsinha et al., 2022).

Semua respons ini membantu tumbuhan untuk bertahan hidup dan tumbuh di lingkungan tercekam. Respons tumbuhan terhadap cekaman faktor lingkungan dapat menjadi bagian dari mekanisme yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi cekaman.

*Hadirin yang berbahagia,*

### **C. Mitigasi Terhadap Dampak Cekaman Lingkungan**

Strategi mitigasi dampak cekaman abiotik dapat dilakukan dengan pendekatan *omics* dan pemuliaan tanaman secara molekuler dan rekayasa genetika. Pendekatan *omics* telah memainkan peran penting dalam menjelaskan respons terhadap cekaman biotik dan abiotik yang selanjutnya dimanfaatkan untuk memperbaiki genetik tanaman. Teknologi *omics* termasuk *genomics*, *transcriptomics*, *proteomics* dan *metabolomics* memiliki potensi besar untuk diaplikasikan. Integrasi beberapa pendekatan *omics* dapat menjelaskan fungsi gen dalam kondisi cekaman lingkungan (Singh et al., 2021). Pendekatan *multiomics* yang komprehensif dengan teknik yang memadai telah digunakan untuk mengidentifikasi dan menguraikan komponen penting dari respons cekaman tumbuhan (Rakkammal et al., 2022).



Modifikasi genetik melalui bioteknologi adalah strategi yang potensial untuk rekayasa tanaman transgenik yang bermanfaat untuk mengatasi kondisi lingkungan ekstrim. Identifikasi faktor transkripsi yang responsif terhadap cekaman sangat penting untuk mengembangkan varietas tanaman yang tahan cekaman. Faktor transkripsi dapat mengontrol ekspresi gen pada tanaman transgenik yang terkait dengan berbagai cekaman (Chaudhry dan Sidhu, 2022). Sebagai contoh, faktor transkripsi *MYB* berperan penting sebagai sinyaling cekaman abiotik. Salah satu faktor transkripsi *OsMYB3* berperan dalam peningkatan toleransi terhadap cekaman suhu rendah, salinitas, dan kekeringan pada tanaman padi (Yang et al., 2012).

Perubahan lingkungan memiliki dampak yang signifikan pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penyesuaian diri tanaman terhadap perubahan iklim dapat dilakukan dalam praktik budidaya tanaman. Pengelolaan lahan pertanian yang baik dapat membantu mengurangi cekaman lingkungan pada tanaman dan meningkatkan produktivitas. Beberapa praktik budidaya yang dapat dilakukan antara lain perubahan teknik irigasi, rotasi tanaman, variasi waktu tanam dan panen (Marcinkowski and Piniewski, 2018; Deligios et al., 2019), penggunaan pupuk yang tepat (Raza et al., 2019), serta *priming* benih (Chen et al., 2021) sangat bermanfaat untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik. Penggunaan osmoprotektan juga dapat mengurangi dampak cekaman. Prolin merupakan senyawa osmoprotektan yang konsentrasinya meningkat lebih tinggi dibandingkan asam-asam amino lain, dan efek ini digunakan sebagai marker untuk menyeleksi bagaimana suatu tumbuhan menghindari kerusakan sel akibat kekeringan. Dari penelitian Salsinha et al., (2022) aplikasi osmoprotektan eksogen dari ekstrak daun *Casuarina equisetifolia* dapat meningkatkan toleransi tanaman padi kultivar Kisol pada cekaman kekeringan FTSW 0,2.

Fitohormon memainkan peran penting dalam memediasi berbagai jalur biokimiawi, fisiologis, dan pensinyalan dalam kondisi

cekaman abiotik (Sharma et al., 2019). Fitohormon seperti asam absisat, etilen, asam salisilat dan asam jasmonat dapat membantu tumbuhan mengatasi cekaman abiotik. ABA berperan penting dalam berbagai fase perkembangan tumbuhan seperti selama pembukaan dan penutupan stomata, perkecambahan biji, dan cekaman kekeringan (Raza et al., 2019). Akumulasi ABA selama cekaman kekeringan mengatur transpirasi dan penutupan stomata (Dong et al., 2018) yang akan mengurangi dampak kekeringan. Asam Jasmonat (JA) berperan sebagai molekul sinyaling pada berbagai mekanisme fisiologis (regulasi gerakan stomata, akumulasi gula terlarut) dan mekanisme molekuler (ekspresi gen terkait JA) (Wang et al., 2020).

Berkaitan dengan penurunan kesuburan tanah akibat penggunaan senyawa agrokimia sintetis, penggunaan biostimulan dapat meningkatkan pertumbuhan, pembentukan buah, produktivitas dan toleransi terhadap cekaman abiotik. Beberapa jenis biostimulan yang digunakan dalam budidaya meliputi asam humat, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri penghasil auksin. Rhizobakteri memiliki kemampuan untuk menyintesis zat pengatur tumbuh seperti auksin (IAA), serta dapat membantu proliferasi akar tumbuhan sehingga pertumbuhan akar dapat lebih luas untuk menjangkau sumber air dan unsur hara di lingkungannya. Inokulasi rhizobakteri osmotoleran (*Enterobacter flavescens*) meningkatkan pertumbuhan tanaman padi (*Oryza sativa* L.) 'IR64' dan 'Situ Bagendit' yang ditunjukkan dengan meningkatnya tinggi tanaman, jumlah daun, anakan dan malai (Kusumardani et al., 2022).

*Pimpinan sidang dan hadirin yang saya hormati,*

#### **D. Aplikasi Fisiologi Tumbuhan pada bidang Pertanian**

Perubahan iklim, curah hujan, dan temperatur global pada saat ini, diprediksi akan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman pangan. Penelitian tentang respons tumbuhan terhadap perubahan iklim, menunjukkan bahwa sebagian besar

tumbuhan diperkirakan akan lebih tercekam dan kurang produktif di masa depan. Pemahaman fisiologis tanaman pangan memberikan landasan ilmiah mendasar tentang berbagai aspek metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan. Hal ini sangat penting untuk perbaikan tanaman atau pengembangan teknologi di bidang pertanian dalam mengatasi perubahan iklim. Kajian fisiologi tumbuhan mengintegrasikan informasi tingkat respons cekaman abiotik dan mengidentifikasi mekanisme toleransi cekaman yang diperlukan untuk merekayasa tumbuhan yang stabil di lingkungan, menghasilkan produk lebih banyak, dengan lebih sedikit air dan sumber daya yang semakin berkurang, untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi dunia.

Aplikasi fisiologi tumbuhan dapat membantu mengembangkan teknologi dan strategi mitigasi cekaman lingkungan yang lebih efektif dan efisien dalam mengatasi dampak perubahan iklim, antara lain sebagai berikut.

### **Pengembangan tanaman yang toleran terhadap cekaman**

Penelitian fisiologi tumbuhan telah berhasil mengidentifikasi mekanisme toleransi tanaman terhadap suhu tinggi, kekeringan, banjir, dan cekaman lingkungan lainnya. Beberapa cara untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman misalnya 1) skrining fenotif dan seleksi genetik dengan pemuliaan baik konvensional maupun rekayasa genetik. 2) Penggunaan teknologi perbaikan tanah seperti pemberian pupuk organik, unsur benefisial, senyawa osmoprotektan atau bahan-bahan pengikat air dapat meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan dan meningkatkan efisiensi penggunaan air, 3) Pengelolaan air dengan teknik irigasi yang tepat dan pengaturan waktu penanaman yang sesuai dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang tidak stabil (Marcinkowski and Piniewski, 2018; Deligios et al., 2019).

### **Pengembangan teknologi pemupukan yang lebih efisien**

Berkaitan dengan perbedaan kebutuhan unsur hara setiap tumbuhan, maka fisiologi tumbuhan dapat diaplikasikan untuk mengembangkan teknologi pemupukan yang lebih efisien. Pemupukan yang tepat dapat membantu mengurangi dampak cekaman abiotik dan membantu tumbuhan dalam kemampuan beradaptasi yang lebih baik (Raza et al., 2019). Beberapa cara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dalam pertanian adalah sebagai berikut: 1) Penerapan teknologi pemupukan berbasis presisi seperti penggunaan teknologi sensor dapat membantu mengoptimalkan jenis dan jumlah nutrisi yang diberikan pada tumbuhan pada waktu yang tepat (Fageria et al., 2008). Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan mengurangi limbah yang merusak lingkungan. 2) Penggunaan pupuk organik seperti pupuk kandang dan kompos dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan efisiensi pemupukan. Hal ini dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan membantu mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan. 3) Penggunaan biostimulan seperti mikoriza dan bakteri pengikat nitrogen dapat membantu meningkatkan efisiensi pemupukan dan memperbaiki struktur tanah (Van Oosten et al., 2017). Hal ini dapat membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi dan produktivitas tanaman.

### **Pengembangan teknologi pengelolaan air yang efisien**

Perubahan pola curah hujan yang tidak menentu menyebabkan sumber daya air untuk budidaya tanaman semakin terbatas. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi keterbatasan sumber daya air antara lain: 1) penggunaan tanaman yang toleran, 2) Penggunaan teknologi irigasi yang lebih efisien misalnya sistem irigasi tetes dapat digunakan untuk memberikan air secara langsung ke tumbuhan secara efisien. Irigasi tetes memiliki nilai efisiensi 80-95% dibandingkan dengan irigasi curah dan irigasi permukaan (Mechram, 2008). 3) Penggunaan

teknik konservasi air misalnya pengolahan tanah yang baik, penggunaan mulsa dan pembenah tanah (Iqbal et al., 2020).

*Hadirin yang terhormat*

### **E. Aplikasi Fisiologi Tumbuhan pada Ekosistem dan Lingkungan**

Aplikasi fisiologi tumbuhan pada ekosistem dan lingkungan dapat memberikan manfaat yang signifikan untuk pemahaman dan pengelolaan lingkungan hidup. Beberapa aplikasi fisiologi tumbuhan yang penting pada ekosistem dan lingkungan antara lain sebagai berikut.

#### **Penyerapan karbon oleh tumbuhan (sekuestrasi karbon)**

Tumbuhan memainkan peran penting dalam mitigasi perubahan iklim dengan menyerap sebagian CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil ke atmosfer melalui mekanisme “sekuestrasi karbon” secara biologi. Sekuestrasi karbon adalah penangkapan dan penyimpanan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer dalam jangka waktu yang lama (Sedjo dan Sohngen, 2012). Tumbuhan sebagai salah satu *carbon sink* dapat menyerap emisi CO<sub>2</sub> dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan dihasilkan senyawa organik yang disimpan dalam bentuk biomassa. Semakin besar biomassa tumbuhan semakin banyak karbon yang diserap (Faticchi et al., 2019). Tumbuhan mampu menyerap 30% emisi CO<sub>2</sub> setiap tahunnya (Ciais et al., 2013) dan meregulasi iklim mikro sehingga meningkatkan kualitas lingkungan. Dengan demikian, menambah jumlah populasi pohon di hutan atau reboisasi dapat berperan dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang ada di atmosfer. Kebijakan pemerintah dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di perkotaan dalam bentuk hutan kota sebagai ruang terbuka hijau menurunkan emisi karbon dan mampu menjaga kondisi iklim bumi pada level yang nyaman bagi kehidupan. Keberadaan ruang terbuka hijau di daerah yang tepat di dekat lingkungan perkotaan dan industri akan menjadi sangat efektif karena peningkatan luas permukaan yang mampu menyerap polutan.

Dalam upaya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan mengatasi perubahan iklim, penelitian fisiologi tumbuhan dapat dimanfaatkan untuk identifikasi spesies tumbuhan yang lebih efektif menyerap karbon berdasarkan analisis fotosintesis bersih yang dapat dilihat dari simpanan karbon. Beberapa tumbuhan yang teridentifikasi memiliki sekuestrasi karbon yang tinggi antara lain Jabon (*Anthocephalus cadamba*), Tanjung (*Mimusops elengi*), dan Pule (*Alstonia scholaris*) (Kare and Marak, 2017). Hasil penelitian fisiologi tumbuhan dapat membantu mengidentifikasi mekanisme yang dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis pada tumbuhan. Hal ini dapat meningkatkan penyerapan karbon dan produktivitas tumbuhan secara keseluruhan.

### **Fitoremediasi**

Selama beberapa dekade terakhir, polusi di lingkungan telah mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh peningkatan aktivitas manusia, misalnya pada penggunaan energi fosil, praktek pertanian, dan percepatan industri. Fisiologi tumbuhan telah dapat berkontribusi dalam mengurangi dampak polusi lingkungan. Fitoremediasi merupakan strategi remediasi dengan melibatkan tumbuhan. Fitoremediasi didasarkan pada penggunaan tumbuhan alami atau tanaman yang dimodifikasi secara genetik yang mampu mengekstraksi polutan berbahaya dari lingkungan dan mengubahnya menjadi senyawa/metabolit yang aman (Koptsik, 2014). Sebagai agen fitoremediasi, tumbuhan dapat mengakumulasi polutan tertentu ke dalam organ akar, batang, maupun daun. Hasil penelitian fisiologi tumbuhan untuk mengatasi permasalahan polutan di lingkungan berdasarkan kemampuan tumbuhan dalam mengembangkan serangkaian mekanisme pertahanan diri, yaitu peningkatan produksi ROS dan senyawa antioksidan, pertahanan fisik melalui perubahan struktur anatomi, serta peningkatan produksi senyawa metabolit sekunder (Isah, 2019). Strategi remediasi dengan melibatkan tumbuhan adalah suatu pendekatan yang lebih berkelanjutan karena

tidak merusak sifat fisik dan biologis tanah, melainkan meningkatkan kualitas tanah dari waktu ke waktu (Pandey et al., 2019). Fitoremediasi adalah suatu teknik yang hemat biaya dan teknologi yang ramah lingkungan untuk dekontaminasi tanah yang dapat diterapkan pada area skala besar. Beberapa tumbuhan memiliki kemampuan hidup dan mengakumulasi polutan toksik, misalnya *Eichhornia crassipes*, *Thlaspi caerulescens*, *Panicum virgatum*, dan lain-lain.

## Penutup

Dengan memahami mekanisme tumbuhan bertahan pada kondisi iklim yang tidak menguntungkan, maka dapat dilakukan upaya untuk meningkatkan toleransi terhadap cekaman abiotik. Hasil kajian fisiologi tumbuhan tentang mekanisme toleransi tumbuhan memberikan prospek untuk rekayasa tumbuhan untuk mengatasi dampak perubahan iklim. Rekayasa tumbuhan dapat dilakukan dari tingkat konvensional hingga modern melalui teknologi DNA rekombinan atau yang dikenal dengan teknologi tanaman transgenik. Platform pemuliaan konvensional dan modern dapat diaplikasikan untuk perbaikan sifat-sifat yang diinginkan; seperti 1) pengembangan tanaman tahan cekaman lingkungan, 2) peningkatan hasil yang berkelanjutan, dan 3) peningkatan kualitas lingkungan.

### *Pimpinan sidang dan hadirin yang saya hormati*

Pada bagian akhir pidato pengukuhan ini, perkenankan saya untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Pemerintah Republik Indonesia khususnya Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menjabat sebagai Guru Besar dalam bidang Fisiologi Tumbuhan.
2. Rektor, Dewan Guru Besar, dan Senat Akademik Universitas Gadjah Mada yang telah menyetujui dan mengusulkan saya untuk menduduki jabatan fungsional Guru Besar.

3. Dekan, para Wakil Dekan, dan Senat Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada yang telah menyetujui dan mengusulkan kenaikan jabatan saya.
4. SDM Universitas dan Fakultas yang telah membantu saya selama proses pengusulan kenaikan jabatan fungsional Guru Besar.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga saya sampaikan kepada:

1. Para guru-guru saya di SDN Keduanan, SMPN 1 Plumbon, dan SMAN 1 Cirebon.
2. Dr. Suharyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik, Dra.Sri Sulastris Dalidjan selaku Pembimbing Seminar dan Prof. Dr (emr) Santosa selaku pembimbing skripsi telah membimbing, memotivasi dan mendukung saya untuk menjadi dosen di Fakultas Biologi UGM.
3. Prof. Ir. Triwibowo Yuwono, Ph.D. selaku dosen pembimbing tesis yang telah membimbing saya saat riset di PAU Bioteknologi UGM.
4. Prof. Dr. Makoto Shirai dan Prof. Dr. Hiroyuki Anzai selaku Promotor dan Ko Promotor yang telah membimbing saya pada saat riset dan penyusunan disertasi di Tokyo University of Agriculture and Technology, Jepang.
5. Almarhum Prof. Dr. Joedoro Soedarsono, yang saat itu Tahun 2000 selaku ketua Agrokomples Universitas Gadjah Mada telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melanjutkan studi S3 di Tokyo University of Agriculture and Technology, Jepang.
6. Seluruh dosen, tenaga kependidikan Fakultas Biologi UGM atas kerjasamanya dan kebersamaannya.
7. Para mahasiswa bimbingan program Sarjana, Magister, dan Doktor Fakultas Biologi UGM yang telah bekerjasama dalam menyelesaikan skripsi, tesis maupun disertasi dan mewujudkan dalam bentuk karya ilmiah yang dipublikasikan.



Pada kesempatan yang berbahagia ini, ucapan terima kasih yang tak terhingga untuk kedua orang tua saya tercinta: Almarhum Mama Kadis Umardi, BA dan Almarhumah Mimi Adah Saadah serta nenekku Almarhumah Mimi Maenah dengan kasih sayangnya mengasuh, membimbing dan memberikan tauladan untuk tidak putus asa, sabar dan bersyukur yang sangat berarti dalam kehidupan saya hingga mencapai keberhasilan menjadi Guru Besar di Universitas Gadjah Mada. Semoga beliau bahagia, Ananda dapat memenuhi harapannya. Demikian pula untuk bapak dan ibu mertua saya: Bapak Umar Ma'roef Purbawiyata dan Ibu Sunarni terima kasih atas kasih sayang, pengertian dan dukungan doa yang dipanjatkan untuk kelancaran dalam mencapai keberhasilan ini. Ungkapan terima kasih yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada suamiku tercinta Dr. Agung Budiharjo, S.Si., M.Si. dengan segala perhatian, pengertian, pengorbanan dan keikhlasannya meluangkan waktu untuk mendukung dan selalu mendampingi dengan kesabarannya yang luar biasa. Kepada Ananda tersayang Dimas Safaraz Bagaskara, terima kasih atas pengertian dan cintanya telah memotivasi Mama. Kepada keluarga besar Kadis Umardi BA, Mama Umar-Miena, Abdullah Saleh, dan D Ma'roef Family terima kasih atas segala perhatian dan dukungannya.

Akhir kata saya ucapkan terima kasih kepada hadirin semua yang telah meluangkan waktu dan bersabar mengikuti acara ini. Kepada Rektor, Ketua dan Sekretaris Dewan Guru Besar beserta seluruh staf kantor DGB, Senat Akademik, Humas UGM dan semua teman yang telah membantu penyelenggaraan acara ini saya mengucapkan terima kasih.

*Wasssalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

## DAFTAR PUSTAKA

- Anjum, S.A., Xie, X.Y, Wang, L.C., Saleem, M.F, Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological, physiological, and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr J Agric Res.* 6(9):2026–2032.
- Chalanika De Silva, H.C. and Asaeda, T. 2017. Effects of heat stress on growth, photosynthetic pigments, oxidative damage and competitive capacity of three submerged macrophytes. *J Plant Int.* 12(1):228–236.
- Chaudhry, S. and Sidhu, G.P.S. 2022. Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. *Plant Cell Reports.* 41:1–31.
- Chen, X., Zhang, R., Xing, Y., Jiang, B., Li, B., Xu, X. and Zhou, Y. 2021. The efficacy of different seed priming agents for promoting sorghum germination under salt stress. *PLoS ONE.* 16(1): 1-14.
- Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, et al. 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In T. F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, et al. [eds.], *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Deligios, P.A., Chergia, A.P., Sanna, G., Solinas, S., Todde, G., Narvarte, L. and Ledda, L. 2019. Climate change adaptation and water saving by innovative irrigation management applied on open field globe artichoke. *Sci Total Environ.* 649:461–472.
- Dong, H., Bai, L., Chang, J. and Song, C.P. 2018. Chloroplast protein PLGG1 is involved in abscisic acid-regulated lateral root development and stomatal movement in Arabidopsis. *Biochem Biophys Res Commun.* 495(1):280–285.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Li, Y.C. 2008. The Role of Nutrient Efficient Plants in Improving Crop Yields in the Twenty First

- Century. *Journal of Plant Nutrition*. 31:6, 1121-1157, DOI: 10.1080/01904160802116068.
- Fahramand, M., Mahmoody, M., Keykha, A., Noori, M. and Rigi, K. 2014. Influence of abiotic stress on proline, photosynthetic enzymes and growth. *Int Res J Appl Basic Sci*. 8(3): 257-265.
- Fang, Y. and Xiong, L. 2015. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cell. Mol. Life Sci*. 72: 673-689.
- Faticchi, S., Pappas, C., Zschischler, J. and Leuzinger, S. 2019. Modelling carbon sources and sinks in terrestrial vegetation. *New Phytologist*. 221:652-668.
- Gamage, D., Thompson, M., Sutherland, M., Hirotsu, N., Makino, A. and Seneweera, S. 2018. New insights into the cellular mechanisms of plant growth at elevated atmospheric carbon dioxide concentrations. *Plant Cell Environ*. 41(6):1233–1246.
- Jajoo, A. and Allakhverdiev, S.I. 2017. High-temperature stress in plants: consequences and strategies for protecting photosynthetic machinery. *Plant Stress Physiol*. 2017:138–154.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M., Zulfqar, F., Raza, A., Mohsin, S.M., Mahmud, J.A., Fujita, M. and Fotopoulos, V. 2020. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants* 9(8):681.
- Hniličková, H., Hnilička, F., Orsák M. and Hejtnák V. 2019. Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> content in selected plant species. *Plant Soil Environ*. 65(2): 90-96.
- Iqbal, R., Raza, M.A.S., Valipour, M., Saleem, M.F., Zaheer, M.S. Ahmad, S., Toleikiene, M., Haider, I., Aslam, M.U. and Nazar, M.A. 2020. Potential agricultural and environmental benefits of mulches—a review. *Bulletin of the National Research Centre* 44:75. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>.

- Isah, T. 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research* 52(1), 39.
- Koptsik, G.N. 2014. Problems and Prospect Concerning the Phytoremediation of Heavy Metal Poluted Soils: A review. *Eurasian Soil Science*. 47(9):923-939.
- Kusumardani, H.D., Yuwono, T. and Rachmawati, D. 2022. Growth and Physiological Attributes of Rice by The Inoculation of Osmotolerant Rhizobacteria (*Enterobacter flavescens*) Under Drought Condition. *J. Tropical Biodiversity Biotechnology*. 7(2): 1-16. DOI: 10.22146/jtbb.67359.
- Lambers, H., Chapin III, F.S. and Pons, T.L. 2008. Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag New York, Inc.
- Lata, C., Muthamilarasan, M. and Prasad, M. 2015. Drought stress responses and signal transduction in plants. (In: Pandey GK, editors) *Elucidation of abiotic stress signaling in plants*. New York: Springer. p. 195–225.
- Maisura, Chozin, M.A., Lubis, I., Junaedinand, A. and Ehara, H. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. *J Int Southeast Asian Agric Sci*.20(1): 104-114.
- Marak, T. and Khare, N. 2017. Carbon Sequestration Potential of Selected Tree Species in the Campus of Shuats. *International Journal for Scientific Research & Development*. 5(6): 63-66.
- Marcinkowski, P. and Piniewski, M. 2018. Effect of climate change on sowing and harvest dates of spring barley and maize in Poland. *Int Agrophys*. 32(2):265–271.
- Mechram, S. 2008. Penentuan Head Loss Emitter Tipe Selang Kecil dari Bahan Lokal Sepanjang Pipa Lateral pada Sistem Irigasi Tetes. *Jurnal Teknologi Pertanian* 9 (2): 114-120.
- Pandey, J., Verma, R. K. and Singh, S. 2019. Suitability of aromatic plants for phytoremediation of heavy metal contaminated areas:

- a review. *International Journal of Phytoremediation*, 21(5), 405–418.
- Piveta, L.B., Roma-Burgos, N., Noldin, J.A., Viana, V.E., Oliveira, C.d., Lamego, F.P., and Avila, L.A.d. 2021. Molecular and Physiological Responses of Rice and Weedy Rice to Heat and Drought Stress. *Agriculture* 11(1): 9. <https://dx.doi.org/10.3390/agriculture11010009>.
- Rai, A., Kumar, R.G. and Dubey, R.S. 2018. Heat stress and its effects on plant growth and metabolism. In: Rai GK, Kumar RR, Bagati S(eds) Abiotic stress tolerance mechanisms in plants. CRC Press, pp 203–235.
- Rakkammal, K., Priya, A., Pandian, S., Maharajan, T., Rathinapriya, P., Satish, L., Ceasar, S.A., Sohn, S.-I. and Ramesh, M. 2022. Conventional and Omics Approaches for Understanding the Abiotic Stress Response in Cereal Crops—An Updated Overview. *Plants* 11.2852.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S.S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y. and Xu, J. 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants* 8(2):34.
- Salsinha, Y. C. F., Nurbaiti, S., Sebastian, A., Indradewa, D., Purwestri, Y. A., and Rachmawati, D. 2022. Proline-related gene expression contribute to physiological changes of East Nusa Tenggara (Indonesia) local rice cultivars during drought stress. *Biodiversitas* 23 (7), 3573–3583.
- Sedjo, R. and Sohngen, B. 2012. Carbon sequestration in forest and soils. *Annual Review of Resource Economics*. 4(1): 127-144.
- Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S.K., Sidhu, G.P.S., Bali, A.S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R. and Zheng, B. 2019. Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules* 9(7):285.
- Singh, M., Kumar, J., Singh, S., Singh, V.P., Prasad, S.M. 2015. Roles of Osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance

- in plants: a review. *Review of Environmental Science Biotechnology*. 14:407–426.
- Singh, R.K., Sood, P., Prasad, A. and Prasad, M. 2021. Advances in Omics Technology for Improving Crop Yield and Stress Resilience. *Plant Breed*. 2021, 140, 719–731.
- Van Oosten, M.J, Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. and Maggio, A, 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemi Biol Tech Agric*. 4(1):1–12.
- Wang, F., Xu, X., Zou, B., Guo, Z., Li, Z., and Zhu, W. 2013. Biomass accumulation and carbon sequestration in four different aged *Casuarina equisetifolia* coastal shelterbelt plantations in South China. *PLoS ONE*. 8(10): e77449.doi:10.1371/journal.pone.0077449.
- Wang, J., Song, L., Gong, X., Xu, J. and Li, M. 2020. Functions of jasmonic acid in plant regulation and response to abiotic stress. *Int J Mol. Sci* 21(4):1446.
- Yang, A., Dai, X. and Zhang, W.H. 2012. A R2R3-type MYB gene, OsMYB2, is involved in salt, cold, and dehydration tolerance in rice. *J Exp Bot*. 63(7):2541–2556.
- Zhang, J., Zhang, S., Cheng, M., Jiang, H., Zhang, X., Peng, C., Lu, X., Zhang, M. and Jin, J. 2018. Effect of drought on agronomic traits of rice and wheat: a meta-analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15(839): 1-14.
- Zhu, X.G., Long, S.P., Ort, D.R. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert into biomass? *Current Opinion of Biotechnology*. 19: 153-159.
- Zinn, K.E., Tunc-Ozdemir, M. and Harper, J.F. 2010. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. *J Exp Bot* 61(7):1959–1968.

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

Nama : Prof. Dr. Diah Rachmawati,  
S.Si., M.Si.  
Tempat, Tgl lahir : Cirebon, 10 Januari 1971  
NIP : 197101101997022001  
NIDN : 0010017102  
Agama : Islam  
Pangkat/Golongan : Pembina Utama Muda/IVc  
Jabatan : Guru Besar

Alamat Kantor : Fakultas Biologi UGM  
Alamat Rumah : Samara Regency Blok H3-4  
Mertosanan Kulon, Potorono, Banguntapan,  
Bantul  
Email : [drachmawati@ugm.ac.id](mailto:drachmawati@ugm.ac.id)  
Keluarga : Dr. Agung Budiharjo, S.Si., M.Si. (Suami)  
Dimas Safaraz Bagaskara (Anak)

**Riwayat Pendidikan**

1978-1984 : SDN Keduanan, Plumbon, Cirebon  
1984-1987 : SMPN I Plumbon, Cirebon  
1987-1990 : SMAN I Cirebon  
1990-1995 : S1 Fakultas Biologi UGM  
1995-1998 : S2 Sekolah Pascasarjana UGM  
2002-2005 : S3 Tokyo University of Agriculture and  
Technology, Jepang

**Riwayat Pekerjaan**

1997-Sekarang : Dosen Fakultas Biologi UGM  
2005-2010 : Kepala Laboratorium Fisiologi Tumbuhan  
2013-2020 : Ketua Program Studi Magister Biologi  
2022-sekarang : Kepala Laboratorium Fisiologi Tumbuhan

## Publikasi Ilmiah 5 Tahun Terakhir

- Rindyastuti, R., and **Rachmawati, D.**, Sancayaningsih, R.P., and Yulistyarini, T. 2018. Ecophysiological and growth characters of ten woody plant species in determining their carbon sequestration. *Biodiversitas*. 19(2): 660-669.
- Rachmawati, D.**, Maryani, Kusumadewi, S, and Rahayu, F. 2019. Survival and root structure changes of rice seedlings in different cultivars under submergence condition. *Biodiversitas*. 20 (10): 3011-3017.
- Khasanah, R.A.N. and **Rachmawati D.** 2020. Potency of silicon in reducing cadmium toxicity in Cempo Merah rice. *Asian Journal of Agriculture and Biology*. 8(4):405-412.
- Novianti, V., Maryani, Indradewa, D., and **Rachmawati, D.** 2020. Selection of local swamp rice cultivars from Kalimantan (Indonesia) tolerant to iron stress during vegetative stage. *Biodiversitas*. 21 (12): 5650-5661.
- Salsinha, Y., Indradewa, D., Purwestri, Y. A., and **Rachmawati, D.** 2020. Selection of drought-tolerant local rice cultivars from East Nusa Tenggara, Indonesia during vegetative stage. *Biodiversitas* 21 (1): 170-178.
- Lailaty, I.Q., **Rachmawati, D** and Nugroho, L.H. 2021. Abiotic Stress Elicitation on Secondary Metabolites of Red Betel (*Piper crocatum* Ruiz and Pav.) Leaves as Potential Repellent for Rice Bug (*Leptocorisa oratorius* (F.)). *Online Journal of Biological Sciences*. 21(1):1-11.
- Salsinha, Y., Indradewa, D., Purwestri, Y. A., and **Rachmawati, D.** 2021. Physiological and oxidative defense responses of local rice cultivars “Nusa Tenggara Timur-Indonesia” during vegetative drought stress. *Australian Journal of Crop Science*, 15(3), 394–400. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.03.p2851>.
- Salsinha, Y., Maryani, Indradewa, D., Purwestri, Y., and **Rachmawati, D.** 2021. Leaf physiological and anatomical characters contribute



- to drought tolerance of Nusa Tenggara Timur local rice cultivars. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24(3), 337–348.
- Salsinha, Y., Maryani, Indradewa, D., Purwestri, Y., and **Rachmawati, D.** 2021. Morphological and Anatomical Characteristics of Indonesian Rice Roots from East Nusa Tenggara Contribute to Drought Tolerance. *Asian Journal of Agriculture and Biology*. 9(1):1-11.
- Sutiyanti, E. and **Rachmawati, D.** 2021. The effect of magnetized seawater on physiological and biochemical properties of different rice cultivars. *Biodiversitas*. 22(6): 3083-3091.
- Kusumardani, H.D., Yuwono, T and **Rachmawati D.** 2022. Growth and Physiological Attributes of Rice by The Inoculation of Osmotolerant Rhizobacteria (*Enterobacter flavescens*) Under Drought Condition. *J. Tropical Biodiversity Biotechnology*. 7(2): 1-16. DOI: 10.22146/jtbb.67359.
- Linggawati, A., Maryani, Nugroho, A.P. N., and **Rachmawati, D.** 2022. Anatomical and Histochemical Responses of Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) to Phytoremediation Ability of Liquid Batik Waste. *Environment and Natural Resources Journal*. 20(1): 1-10.
- Salsinha, Y. C. F., Nurbaiti, S., Sebastian, A., Indradewa, D., Purwestri, Y. A., and **Rachmawati, D.** 2022. Proline-related gene expression contribute to physiological changes of East Nusa Tenggara (Indonesia) local rice cultivars during drought stress. *Biodiversitas*. 23 (7): 3573–3583. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230734>.
- Salsinha, Y. C. F., Sebastian, A., Sutiyanti, E., Purwestri, Y. A., Indradewa, D., and **Rachmawati, D.** 2022. The relationship between morpho-physiological changes and expression of transcription factors in NTT local rice cultivars as a response to drought stress. *Indonesian Journal of Biotechnology*. 27(1), 8. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.65728>.

- Amalia, D.R. and **Rachmawati D.** 2023. Seed Osmopriming Improves Germination, Physiological and Root Anatomical Attributes of Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) in Salt Stress Condition *Environment and Natural Resources Journal*. 21(3): 232-244.
- Novianti, V., Maryani, Indradewa, D., and **Rachmawati, D.** 2023. Enzymatic antioxidant activity and physiological responses of local swamp rice cultivars from Kalimantan-Indonesia under iron toxicity during vegetative stage. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 26:369-386.

### **Pengabdian Kepada Masyarakat**

- 2019 : Pelatihan Analisis Fitokimia dan Fisiologi Tumbuhan Dasar
- 2021 : Pemanfaatan lahan pekarangan dengan budidaya tanaman sayur untuk mendukung ketersediaan pangan keluarga
- 2022 : Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Pedukuhan Kepuh Wetan Wirokerten dalam Pengembangan Budidaya Tanaman Sayuran dengan Teknik Hidroponik untuk Penguatan Ekonomi Masyarakat
- 2023 : Penguatan Kemandirian Kelompok Wanita Tani Pedukuhan Kepuh Wetan Kalurahan Wirokerten melalui Budidaya dan Pengolahan Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*)