

KADAR PROLIN DAN INDEKS TOLERANSI PINAK TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) HASIL KULTUR JARINGAN DI PTPN VII CINTA MANIS PADA CEKAMAN KEKERINGAN

Sumariana*, Juswardi

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Jalan Palembang – Prabumulih, KM. 32 Indralaya, Ogan Ilir

*Email: sumariana45@gmail.com

Abstrak

PTPN VII Cinta Manis merupakan industri perkebunan tebu yang menerapkan teknik kultur jaringan. Teknik ini diterapkan untuk memperbanyak bibit yang toleran terhadap gulma, namun permasalahan abiotik seperti kekeringan belum diperhatikan. Cekaman kekeringan merupakan kondisi dimana kadar air dalam tanah minim untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman memiliki mekanisme khusus menghadapi cekaman kekeringan dengan mengakumulasi prolin. Tujuan penelitian adalah ini untuk mengevaluasi kadar prolin pada tebu hasil kultur jaringan yang diberi perlakuan cekaman kekeringan. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan yaitu penyiraman 1 hari sekali (kadar air tanah 53%), 5 hari sekali (kadar air tanah 28%), 10 hari sekali (kadar air tanah 18%), dan 15 hari sekali (kadar air tanah 10%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi perlakuan cekaman yang diberikan dan kadar air tanah yang rendah menyebabkan akumulasi prolin makin meningkat. Kadar prolin dengan perlakuan penyiraman 1 hari sekali, 5 hari sekali, 10 hari sekali, dan 15 hari sekali berturut-turut 82,4 $\mu\text{mol/g}$, 104,7 $\mu\text{mol/g}$, 119,4 $\mu\text{mol/g}$, dan 136,5 $\mu\text{mol/g}$. Indeks toleransi tebu hasil kultur jaringan yang diberi perlakuan cekaman kekeringan berturut-turut 104%, 108% 111%, semuanya di atas 100% dan lebih besar dari tanpa cekaman kekeringan. Berdasarkan akumulasi prolin dan indeks toleransi pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis menunjukkan toleransi terhadap cekaman kekeringan.

Kata Kunci: Cekaman kekeringan, prolin, kultur jaringan, indeks toleransi, *Saccharum officinarum* L.

1. PENDAHULUAN

Provinsi Sumatera Selatan merupakan provinsi yang kaya akan hasil perkebunan. Diantara hasil kebun yang dikelola dan dimanfaatkan adalah perkebunan tebu (Adiguna dan Wahyudi, 2020). Kabupaten di Provinsi Sumatera Selatan tepatnya di Kabupaten Ogan Ilir terdapat industri perkebunan yakni PTPN VII Cinta Manis yang mengelola perkebunan tebu serta megolahnya menjadi gula.

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah tanaman yang masuk ke dalam jenis monokotil yang banyak dibudidayakan sebagai tanaman penghasil gula. Tebu merupakan komoditas penting bagi perekonomian Indonesia baik sebagai kebutuhan pokok ataupun sebagai bahan baku industri seperti makanan dan minuman. Banyak permasalahan yang harus dihadapi industri-industri gula nasional, seperti terjadinya penurunan produktivitas tebu terutama di Sumatera Selatan. Faktor penting dalam kaitannya dengan produktivitas tebu adalah cekaman abiotik seperti kekeringan. Cekaman kekeringan adalah kondisi dimana kadar air dalam tanah minim untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman tidak dapat melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan secara optimal (Setiawan *et al.*, 2015). Cekaman kekeringan dijadikan faktor pembatas dalam peningkatan produktivitas tanaman.

Tanaman memiliki mekanisme khusus dalam menghadapi cekaman kekeringan, diantaranya dengan mengakumulasikan prolin (Pro). Prolin merupakan senyawa yang dihasilkan tanaman sebagai respons cekaman kekeringan. Prolin berfungsi sebagai osmoregulator, melindungi membran dan protein terhadap tingginya konsentrasi ion-ion organik serta suhu ekstrim. Saat terjadi cekaman, indikator utama kelayuan dan penurunan pertumbuhan ditandai dengan penumpukan kadar prolin yang tinggi pada akar tanaman (Miriem, 2020).

Usaha untuk mendapatkan bibit toleran terhadap cekaman kekeringan adalah dengan teknik kultur jaringan. Pengadaan bibit unggul dengan kultur jaringan, diharapkan dapat

memberikan solusi varietas yang tahan, toleran ataupun peka terhadap cekaman. Teknik ini diterapkan di PTPN VII Cinta Manis, di Desa Ketiau, Kecamatan Lubuk Keliat, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Fokus utama PTPN VII Cinta Manis ini sebatas perbanyak bibit yang tahan serangan gulma dengan penambahan *Dalapon*. Namun, untuk pengadaan bibit yang toleran atau peka terhadap cekaman abiotik seperti cekaman kekeringan belum diperhatikan.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai adaptasi tanaman tebu hasil kultur jaringan terhadap cekaman kekeringan dengan indikator prolin (Pro) dan mengevaluasi pertumbuhan dengan indeks toleransi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kadar prolin dan indeks toleransi pada tebu hasil kultur jaringan yang diberi perlakuan cekaman kekeringan. Diharapkan penelitian sebagai informasi dasar tentang toleransi pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan pada cekaman kekeringan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2021-Maret 2022 di Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya dan PTPN VII Cinta Manis, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cuvet kuarsa, Eppendorf, mikropipet, mortar, sentrifuge, spektrofotometer uv-vis, soil tester, stirer, dan waterbath. Bahan yang dibutuhkan yaitu pinak tanaman tebu dari PTPN VII Cinta Manis, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, aquades steril, asam asetat glasial, asam sulfosalisilat 3%, l-prolin, ninhidrin, dan toluen.

2.3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan yaitu penyiraman pinak tanaman tebu 1 hari sekali, 5 hari sekali, 10 hari sekali, dan 15 hari sekali. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali.

2.4. Cara Kerja

2.4.1. Persiapan Pinak Tanaman Tebu

Pinak tanaman tebu berasal dari PTPN VII Cinta Manis, Ogan Ilir, Sumatera Selatan sebanyak 16 polibag varietas NX-01, kemudian di pindah ke rumah percobaan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Pinak tanaman ini diletakkan di tempat yang terhindar dari air hujan.

2.4.2. Pemeliharaan Pinak Tanaman Tebu

Perawatan dan pemeliharaan pinak tanaman tebu meliputi penyiraman dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan sesuai dengan perlakuan yang diberikan yaitu 1 hari sekali (kontrol), 5 hari sekali, 10 hari sekali, 15 hari sekali. Penyiangan dilakukan saat terlihat adanya pertumbuhan gulma yang mengganggu tanaman.

2.4.3. Pemberian Perlakuan Cekaman

Perlakuan yang di berikan ialah interval waktu penyiraman yang berbeda yaitu penyiraman 1 hari sekali (kadar air tanah 53%), penyiraman 5 hari sekali (kadar air tanah 28%), penyiraman 10 hari sekali (kadar air tanah 18%), dan penyiraman 15 hari sekali (kadar air tanah 10%) dengan volume air 420 ml tiap perlakuan selama satu bulan.

2.4.4. Penentuan Kadar Prolin (Pro)

Penentuan kandungan asam amino prolin dilakukan mengikuti metode Bates. Sebanyak 0,5 g sampel akar ditumbuk dengan mortar didalam larutan asam sulfosalisilat 3% sebanyak 10 ml. Hasil tumbukan disaring dengan kertas saring Whatman no 1. Direaksikan 2 mL filtrat dengan 2 ml ninhidrin dan 2 ml asam asetat glasial di dalam tabung reaksi pada suhu 100°C selama 1 jam. Reaksi diakhiri dengan memasukkan tabung reaksi kedalam gelas piala berisi es. Campuran reaksi diekstraksi dengan 4 ml toluen kemudian digojog dengan stirer 15-20 detik sehingga terbentuk dua lapisan cairan yang terpisah. Toluena warna merah yang mengandung prolin dibagian atas disedot dengan pipet. Absorbansi larutan dibaca menggunakan spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 520 nm. Kandungan prolin ditentukan berdasarkan hasil bacaan larutan standar prolin murni.

2.4.5. Penentuan Indeks Toleransi

Untuk menentukan indeks toleransi dilakukan penimbangan berat segar tanaman. Indeks toleransi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Indeks Toleransi} = \frac{\text{Berat Segar Tanaman}}{\text{Berat Segar Tanaman Perlakuan Kontrol}} \times 100\%$$

2.5. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif untuk kadar prolin, aktivitas PO, PPO, dan CAT serta menggunakan analisis varian (ANOVA) dan bila terdapat perbedaan yang nyata dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf α 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Akumulasi prolin dan indeks toleransi pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan pada cekaman kekeringan didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1. Kadar Prolin

Kadar prolin pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis pada cekaman kekeringan tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar prolin pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis pada cekaman kekeringan

Intensitas Penyiraman	Kadar Air Tanah (%)	Kadar Prolin (μmol prolin/g berat basah tumbuhan)
1 Hari Sekali	53	82,4 ^a
5 Hari Sekali	28	104,7 ^b
10 Hari Sekali	18	119,4 ^c
15 Hari Sekali	10	136,5 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda nyata pada uji DMRT α 5%

Tabel 1. terlihat kadar prolin pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan yang di beri perlakuan penyiraman 5 hari sekali, 10 hari sekali, dan 15 hari sekali lebih tinggi dari pinak tanaman tebu yang di beri perlakuan penyiraman 1 hari sekali sebagai kontrol. masing-masing perlakuan terdapat perbedaan yang nyata. Perlakuan penyiraman 15 hari sekali dengan kadar air tanah 10% menunjukkan terjadinya penambahan kadar prolin lebih tinggi dibandingkan

perlakuan penyiraman 1 hari sekali, 5 hari sekali, dan 10 hari sekali sebesar 136,5 μmol prolin/g. Sementara itu, akumulasi prolin paling rendah 82,4 μmol prolin/g pada perlakuan penyiraman 1 hari sekali dengan kadar air tanah 53%.

Peningkatan kadar prolin terjadi dikarenakan cekaman kekeringan yang diberikan semakin lama. Hal ini mengindikasikan bahwa pinak tanaman *S. officinarum* hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis memiliki kemampuan toleransi pada kondisi cekaman kekeringan. Akumulasi prolin lebih tinggi pada tanaman toleran kekeringan, hal ini diduga karena tanaman yang toleran memiliki kapasitas menahan air lebih tinggi. Menurut Novenda dan Nugroho (2016), peningkatan kadar prolin dikaitkan dengan peran prolin sebagai osmoregulator dan senyawa prolin yang berlebihan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan.

Pinak tanaman *S. officinarum* dengan perlakuan penyiraman 1 hari sekali didapatkan akumulasi prolin lebih rendah dibandingkan pada pinak tanaman yang diberi perlakuan kekeringan. Kebutuhan air yang cukup menyebabkan aktivitas fisiologi tebu berjalan dengan normal, sehingga senyawa kompatibel seperti prolin tidak diperlukan. Menurut Nugraheni (2010), akumulasi prolin rendah dikarenakan kadar air tanah masih cukup terpenuhi bagi tanaman, sehingga tanaman tidak perlu mengakumulasi prolin. Menurut Wahono *et al.*, (2014), kadar prolin tanaman akan terus meningkat seiring dengan penurunan kadar air tanah. Kondisi tersebut merangsang tanaman untuk meningkatkan kadar prolin lebih tinggi di bandingkan dengan tanaman dalam kondisi normal atau tanpa cekaman kekeringan.

Senyawa kompatibel memiliki berat molekul rendah, mudah larut dan tidak beracun (tidak berbahaya) dalam sitosol. Senyawa organik kompatibel membantu menjaga keseimbangan osmotik tanaman. Akumulasi kompatibel osmolit dapat mengurangi potensial air intraseluler, sehingga memungkinkan terjadinya pengambilan air tambahan dari lingkungan dan melindungi mekanisme dari efek kekurangan air. Senyawa kompatibel melindungi tanaman melalui berbagai mekanisme seperti pengendalian tekanan osmosis, mendetoksifikasi spesies oksigen dan sebagai pengontrol radikal bebas dengan menstabilkan membran dan protein (Mastur, 2016).

Selama cekaman kekeringan, tanaman memiliki mekanisme menahan dan beradaptasi melalui senyawa osmoprotektan yang berperan dalam mengurangi dampak buruk cekaman kekeringan. Molekul osmoprotektan memungkinkan sel-sel tanaman bertahan hidup dalam kondisi kekeringan yang ekstrim. Kondisi tersebut menyebabkan sel-sel memasuki keadaan kriptobiosis yaitu keadaan di mana aktivitas metabolisme melambat atau berhenti. Akumulasi senyawa osmoprotektan dan zat terlarut menurunkan potensial air dan menarik air ke dalam sel dan mempertahankan tekanan turgor sel (Purwanto *et al.*, 2019).

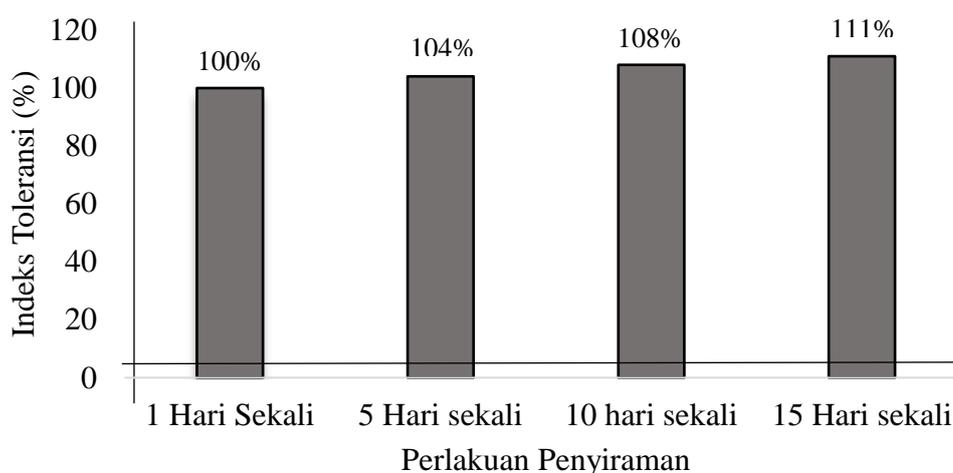
Tingginya kadar prolin pinak tanaman *S. officinarum* pada perlakuan penyiraman 15 hari sekali diduga karena tebu telah mengalami cekaman kekeringan. Pada perlakuan ini kadar air tanah sebesar 10% sehingga kurang mencukupi kebutuhan air tanaman tebu. Oleh karena itu, dalam menghadapi cekaman kekeringan tersebut, tebu mensintesis prolin sebagai hasil dari osmoregulasi sel dengan meningkatkan senyawa terlarut intraseluler sebagai bentuk adaptasinya. Penyesuaian osmotik sel meliputi akumulasi bersih zat terlarut intraseluler sebagai respons terhadap perubahan potensial air dan lingkungan seluler. Secara umum cekaman kekeringan akan meningkatkan kadar prolin tanaman sebagai upaya merespons kekeringan. Semakin tinggi kadar prolin pada kondisi kekeringan, tanaman akan semakin toleran. Prolin terakumulasi dalam sitoplasma dan stroma kloroplas. Diketahui bahwa prolin berperan dalam pengaturan osmotik untuk menstabilkan protein dan membran sel. Ketika sel dan jaringan kekurangan air, akumulasi prolin meningkat untuk menstabilkan struktur sel melalui interaksi hidrofilik dan pengikatan hidrogen. Peningkatan jumlah prolin menunjukkan resistensi terhadap lingkungan yang merugikan (Maryani, 2012).

Pinak tanaman *S. officinarum* hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis merupakan tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Hal ini terlihat pada Tabel 1. dimana kadar prolin terus meningkat tiap perlakuan yang diberikan. Tanaman toleran kekeringan mampu meningkatkan kadar prolin sebagai respons terhadap tingkat cekaman kekeringan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang sensitif. Kadar prolin yang tinggi selama cekaman jangka panjang berhubungan dengan penyesuaian osmotik (*osmotic adjustment*) tanaman (Prihastati, 2012).

Prolin disintesis sebagai pengaturan osmotik sel yang disebabkan oleh cekaman kekeringan. Kondisi ini memacu tanaman meningkatkan laju respirasi untuk memproduksi ATP. ATP ini digunakan untuk mengaktivasi sel-sel di bawah tekanan kekeringan dan substansi osmotik terlarut yang dapat mengurangi potensial osmotik sel. Hal tersebut meningkatkan asupan air sel dan meningkatkan turgiditas dan aktivitas respirasi (Nugraheni, 2010). Akumulasi prolin terus meningkat dianggap sebagai indikasi toleransi terhadap cekaman kekeringan, karena prolin bertindak sebagai senyawa penyimpan nitrogen (N) dan osmoregulator (sebagai protektor enzim tertentu). Akumulasi prolin di bawah kondisi cekaman kekeringan dapat mengurangi tekanan air sel, sehingga tanaman tetap mampu menyerap lebih banyak air dan hara tanah (Wahono *et al.*, 2014).

3.2. Indeks Toleransi

Indeks toleransi pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis pada cekaman kekeringan didapatkan hasil seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Indeks toleransi pinak tanaman *S. officinarum* hasil kultur jaringan terhadap cekaman kekeringan.

Berdasarkan perbandingan berat basah pinak tanaman *S. officinarum* hasil kultur jaringan pada perlakuan penyiraman 1 hari sekali dengan perlakuan penyiraman 5 hari sekali, 10 hari sekali, dan 15 hari sekali, didapatkan indeks toleransi berturut-turut sebesar 104%, 108%, dan 111%. Hasil ini lebih besar dari indeks toleransi *S. officinarum* pada perlakuan penyiraman 1 hari sekali (100%). Lebih besarnya indeks toleransi ini dikarenakan *S. officinarum* hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis diduga sebagai tanaman yang toleran kekeringan. Mekanisme toleransi terhadap kekeringan memungkinkan tanaman menjaga keseimbangan termodinamik. Menurut Widhianata (2008), dengan mekanisme toleran memungkinkan tanaman hidup pada kondisi kekeringan.

Mekanisme toleransi terhadap cekaman kekeringan pada umumnya dikendalikan oleh banyak gen dan ekspresi dari masing-masing gen tersebut (Lestari, 2006). Tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan akan memberikan respons melalui tiga cara yaitu respons

morfologis, fisiologis dan biokemis. Menurut Mastur (2016), strategi tanaman menghadapi cekaman kekeringan dapat dilakukan melalui percepatan siklus hidup, mempertahankan potensial air jaringan agar tetap tinggi, meningkatkan serapan air serta toleransi terhadap cekaman kekeringan melalui mekanisme perlindungan seperti daun mengecil, perakaran lebih dalam, dan dormansi parsial.

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Kadar prolin dengan perlakuan penyiraman 1 hari sekali (kadar air tanah 53%), 5 hari sekali (kadar air tanah 28%), 10 hari sekali (kadar air tanah 18%), dan 15 hari sekali (kadar air tanah 10%) berturut-turut 82,4 $\mu\text{mol/g}$, 104,7 $\mu\text{mol/g}$, 119,4 $\mu\text{mol/g}$, dan 136,5 $\mu\text{mol/g}$. Indeks toleransi tebu hasil kultur jaringan yang diberi perlakuan cekaman kekeringan masing-masing 104%, 108% 111%, semuanya di atas 100% dan lebih besar dari tanpa cekaman kekeringan. Berdasarkan akumulasi prolin dan indeks toleransi pinak tanaman tebu hasil kultur jaringan di PTPN VII Cinta Manis menunjukkan toleransi terhadap cekaman kekeringan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan perlu penelitian lebih lanjut mengenai kadar sukrosa atau produksi gula pada tanaman yang diberi cekaman kekeringan dan mempelajari apakah sifat toleransi tersebut epigenetik

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna dan A. Wahyudi. (2020). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Limbah Pabrik Gula Cinta Manis Kabupaten Ogan Ilir Sebagai Additive Beton. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 17(1) : 46-54. Diakses dari <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/sainmatika/article/download/3383/3982>
- Lestari, E.G. 2006. Mekanisme Toleransi dan Metode Seleksi Tumbuhan yang Tahan Terhadap Cekaman Kekeringan (Review). *Berita Biologi*. 8(3): 215-222. Diakses dari https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi/article/viewFile/799/571
- Maryani, A.T. 2012. Pengaruh Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pembibitan Utama. Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Jambi. 1(2): 64-74. Diakses dari <https://online-journal.unja.ac.id/bioplante/article/view/1807>
- Mathius, N.T., G. Wijana, E. Guharja, H. Aswindinnoor, Y. Sudirman, dan Subroto. 2001. Respon Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Cekaman Kekeringan. *Menara Perkebunan*. 69: 29-45. Diakses dari https://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/dbasebun/asset_dbasebun/Penerbitan-20141223052724.pdf
- Miriam, S. 2020. Mekanisme Toleransi Tanaman Pada Lahan Salin: Akumulasi Prolin. Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19. 6(1): 133-139. diakses <https://journal3.uinalauddin.ac.id/index.php/psb/article/download/15647/9595>
- Novenda, I.L. dan S.A. Nugroho. 2016. Analisis Kandungan Prolin Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptana* Pair), Bayam (*Amaranthus spinosus*), dan Daun Ketimun (*Cucumis sativus* L.). *Pancaran*. 5(4): 223-234. diakses dari <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/80019>
- Nugroho, S.A., R. Taufika., dan I.L. Novenda. 2020. Analisis Kandungan Asam Askorbat pada Tanaman Kangkung (*Ipomea reptana* Poir), Bayam (*Amaranthus spinosus*), dan Ketimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Tambora*. Vol. 4(1): 26-31. Diakses dari <http://jurnal.uts.ac.id/index.php/Tambora/article/view/567/407>
- Prihastati, E. 2012. Peranan dan Pola Akumulasi Proline Tanaman pada Adaptasi Cekaman Kekeringan. Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi. Universitas Sebelas Maret. 9(1): 594-597. Diakses dari <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/7582>
- Purwanto, B.R, Wijonarko, dan Tarjoko. 2019. Perubahan Karakter Biokimia dan Fisiologi Tanaman Kacang Hijau pada Berbagai Kondisi Cekaman Kekerngan. *Jurnal Kultivasi*. Vo. 18(1): 827-836. Diakses dari <http://journal.unpad.ac.id/kultivasi/article/view/19492>
- Setiawan, R., R. Soedradjat, dan T.A. Siswoyo. 2015. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Karakter Protein pada Hasil Produksi Tanaman Sorgum (*Sorgum bicolor* L. Moench). *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian*. 10(10): 1-4. Diakses

- <http://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/69481/RONY%20SETIAWAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wahono, E., M. Izzati, dan S. Parman. 2014. Interaksi Antara Tingkat Ketersediaan Air dan Varietas, Terhadap Kandungan Prolin serta Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Biologi*. Vol. 3(3): 65-74. Diakses dari <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/baf/article/view/2273>
- Widhianata, H. 2008. Pengujian Tingkat Toleransi Plasma Nutfah Tebu (*Saccharum officinzrum* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang. Diakses dari <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/127785/>