

**STRATEGI PENINGKATAN
PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI
YANG TERPAPAR SINAR UV-B**



Oleh:

DR. Ir. AMAN SUYADI, MP

**Disajikan pada Seminar Nasional
Pembangunan Pertanian dan Perikanan Terpadu
untuk Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional (P3T seri 3)
Tanggal 19 Juli 2024**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO
JULI, TAHUN 2024**

STRATEGI PENINGKATAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI YANG TERPAPAR SINAR UV-B

I. PENDAHULUAN

Sinar Ultraviolet (UV) merupakan radiasi elektromagnetik selain cahaya tampak dan infra merah (IR). Menurut Thies (2008), spektrum sinar UV terletak antara 100-400 nm, terbagi atas sinar UV-A (λ 280-315 nm), sinar UV-B (λ 280-315nm) dan sinar UV-C (λ 100-280 nm). Paparan radiasi UV sangat membahayakan kehidupan di bumi. Lapisan ozon berfungsi menyerap sebagian besar radiasi UV sehingga sebagian besar panas matahari tetap di stratosfer,

Konsentrasi ozon tertinggi terdapat di lapisan stratosfer yang berjarak 25–30 km, situasi kritis terjadi apabila konsentrasi ozon menurun hingga di bawah 220 Dobson Unit (DU) (Farman *et al.*, 1985). Menipisnya lapisan ozon menurunkan tingkat proteksi terhadap sinar UV dan meningkatkan kerusakan akibat paparan radiasi UV (De Grujl, 2000).

Ozon merupakan hasil reaksi antara oksigen dengan sinar ultraviolet, penipisan lapisan ozon karena berkurangnya ozon akibat pemecahan ikatan ozon dan berikatan dengan unsur lain. Radiasi matahari memecah molekul gas yang mengandung klorin dan bromin, yang kemudian bereaksi dan memecah ikatan ozon, sehingga mengurangi konsentrasi ozon di stratosfer. Penyebab penipisan ozon adalah bahan kimia industri, terutama zat pendingin, pelarut, propelan dan agen peniup busa halokarbon (klorofluorokarbon; CFC, HCFC, halon). Senyawa tersebut dibawa angin ke stratosfer setelah diemisikan dari permukaan bumi (Andino, 1999).

Menurut Nogues *et al.* (1998) sinar UV-B memiliki pengaruh paling besar terhadap tanaman. Radiasi UV-B berpotensi merusak sel tanaman, tanaman rentan terhadap peningkatan radiasi UV-B karena banyak komponen seluler, seperti asam nukleat, protein, lipid dan quinon dapat menyerap radiasi UV-B secara langsung. Peningkatan paparan radiasi UV-B mengurangi laju fotosintesis tanaman (Kakani *et al.*, 2003), proses ini berkaitan dengan pengurangan ekspresi gen fotosintetik, penurunan aktivitas *Rubisco*, perubahan permeabilitas membran ion tilakoid, serta di tingkat klorofil dan karotenoid (Gaberscik *et al.*, 2002).

Penyerapan foton UV-B oleh protein dan asam nukleat berpengaruh terhadap metabolisme tanaman dan hewan (Caldwell *et al.*, 2003; Heisler *et al.*, 2003), paparan langsung sinar UV-B pada tanaman dapat merusak aktivitas genetik sehingga mengubah bentuk atau fungsi sel tanaman (Caldwell *et al.*, 1998). Paparan sinar UV-B pada daun mengakibatkan penurunan efisiensi oksidasi (Krause *et al.*, 2003), pada tanaman *Avena fatua* dan *Setaria viridis* menurunkan tinggi tanaman, bobot daun segar, bobot batang segar, bobot akar segar, luas daun serta menyebabkan daun menjadi keriting (Golaszewska *et al.*, 2003). Hilangnya pigmentasi tanaman (Roleda *et al.*, 2006), berkurangnya pigmen tanaman dapat menurunkan proses fotosintesis sampai di bawah titik optimal. Pigmen tanaman, terutama klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya dalam proses fotosintesis.

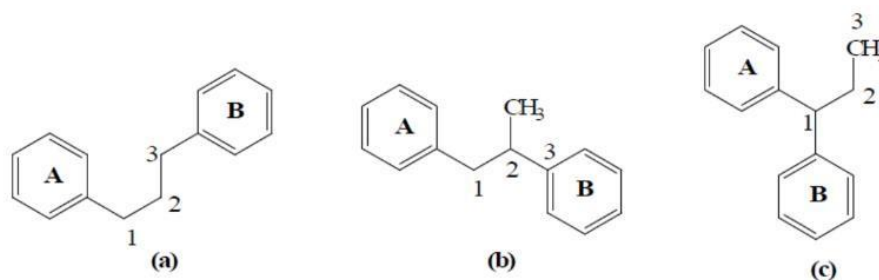
Radiasi sinar UV-B tingkat tinggi dapat merusak klorofil hingga 20% sehingga menyebabkan daun menjadi pucat (Robakowski, 1999), menurunkan kandungan klorofil (Caldwell *et al.*, 1998). Klorofil berubah menjadi singlet oksigen (1O_2) dan radikal hydroxyl yang akan bereaksi dengan tetraphyrole membentuk peroksida sehingga terjadi kerusakan porphyrin dan daun kehilangan warna. Berkurangnya klorofil menyebabkan proses fotosintesis terhambat sehingga produktivitas tanaman menurun

Menurut Matthew *et al.* (1996) spesies tanaman yang berbeda akan memberikan respon yang berbeda terhadap tingkat radiasi UV-B. Secara alamiah tanaman memiliki mekanisme perlindungan terhadap paparan sinar UV-B dengan cara menyerap sinar UV-B menggunakan senyawa yang diproduksinya (Middleton and Teramura, 1993). Cornner and Neumeier (2002) melaporkan bahwa paparan sinar UV-B berpengaruh terhadap pembentukan metabolit sekunder, pengisian polen, keberhasilan penyerbukan, pengisian buah dan biji, serta kualitas keturunan

Teramura *et al.* (1990) menjelaskan bahwa flavonoid adalah metabolit sekunder untuk menyerap sinar UV-B yang berperan melindungi tanaman dari cekaman biotik dan abiotik seperti infeksi patogen, paparan UV-B, dan sinar putih berfluktuasi tinggi, kekeringan, suhu dingin, salinitas (Falcone *et al.*, 2012), dan serangan herbivora (Hernández dan Van Breusegem, 2010). Reaksi alamiah tanaman Leguminosae terhadap paparan radiasi sinar UV-B adalah membentuk flavonoid berupa isoflavon. Kedelai mengandung 12 isoflavon termasuk tiga aglycones, yaitu genistein, daidzein, dan glycitein, ketiganya sebagai respons terhadap serangan herbivora dan radiasi sinar UV-B (Zavala *et*

al., 2015 dan Piubelli *et al.*, 2005). Menurut Polkowski (2004) genistein merupakan isoflavon alami multifungsi sebagai metabolit sekunder utama kedelai.

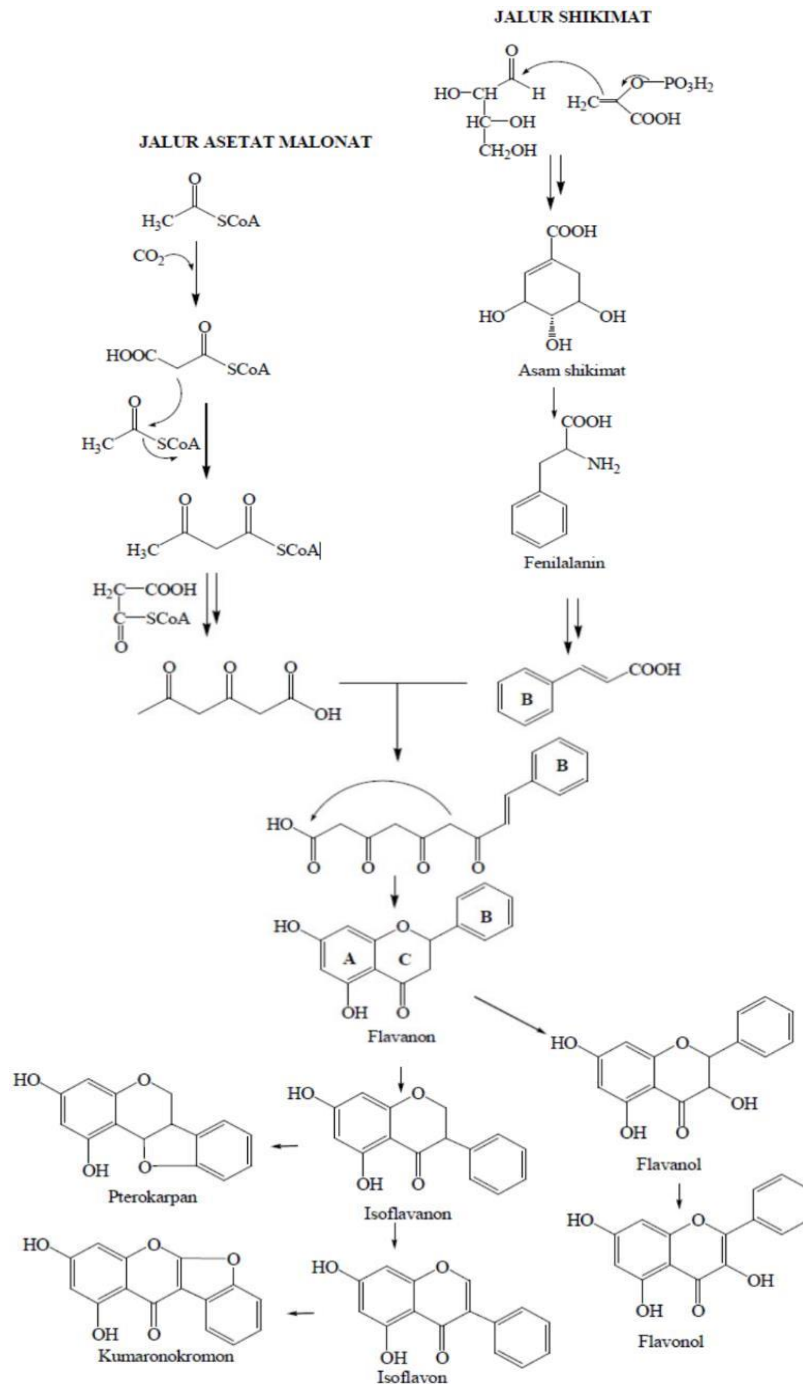
Flavonoid merupakan kelompok senyawa alami dengan struktur fenolik yang ditemukan pada tumbuhan. Sebagian besar flavonoid tersusun atas senyawa polifenol yang memiliki struktur benzo-pyrone (Robinson, 1995) dan terdapat pada semua tumbuhan hijau (Markham, 1988). Flavonoid terletak di dalam inti sel mesofil dan dalam pusat Reactive Oxygen Species. Kerangka dasar flavonoid terdiri atas struktur C6-C3-C6 yang membentuk cincin A, C, dan B seperti pada Gambar 1. Menurut Achmad (1985) susunan ini menghasilkan tiga jenis kerangka yaitu : 1.3.diarilpropan (flavonoid), 1.2 diarilpropan (Isoflavonoid) dan 1.1 diaril propan (Neoflavonoid).



Gambar 1. Kerangka flavonoid, (a) Flavonoid; (b) Isoflavonoid, (c) Neoflavonoid

Senyawa flavonoid memiliki bermacam struktur, yang akan meningkat sejalan dengan reaksi skunder, seperti : hidrosilasi, alkoksilasi, atau glikosilasi pada struktur tersebut. Berdasarkan pola oksigenasi yang berselangseling maka cincin A berasal dari jalur poliketida (jalur asetat-malonat) yang merupakan kondensasi tiga unit asetat atau malonat (C6), sedangkan cincin B berasal dari jalur fenilpropanoid (jalur shikimate, C6-C3) (Achmad, 1985).

Jalur biosintesa flavonoid berbeda dengan senyawa fenolik lainnya, biosintesis senyawa fenolik diawali dari jalur sikhimate, namun biosentesa flavonoid melibatkan jalur asam malonat. Flavonoid memiliki dua cincin benzen yang dihubungkan oleh tiga atom karbon (C6-C3-C6), cincin benzen B dan jembatan C3 pada flavonoid berasal dari p-koumaril-CoA yang merupakan produk turunan asam 3-dehidroksi sikimat dari jalur sikhimate. Produk jalur malonat yaitu malonil-CoA, digunakan sebagai cincin A pada flavonoid (Crozier *et al.*, 2006), selengkapnya tersaji pada gambar 2



Gambar 2. Biosintesis Senyawa Flavonoid

Biosintesis senyawa fenolik sebagian besar terjadi di sitoplasma diawali melalui jalur shikimate (Wink, 2010). Asam 3-dehidrosikimat merupakan produk antara jalur shikimate dari substrat karbohidrat yang penting dalam biosintesis senyawa fenolik. Biosintesis flavonoid melibatkan kalkon sintase yaitu enzim yang mengatalis reaksi antara 1 molekul p-koumaril-CoA dengan 3 molekul malonil-CoA membentuk narigenin-kalkon.

Narigenin-kalkon dikonversi menjadi narigenin oleh enzim kalkon isomerase (CHI) tipe 1 dan tipe 2. enzim CHI tipe 2 hanya terdapat pada tanaman kacang-kacangan yang dapat mengonversi narigenin-kalkon menjadi narigenin dan mengonversi 2'-isoliquiritigenin menjadi liquiritigenin (flavon, C15) (Crozier *et al.*, 2006). Flavanon naringenin dan flavon liquiritigenin merupakan bahan baku untuk memproduksi flavonoid dari golongan isoflavon. Narigenin dan liquiritigenin berturut-turut dikonversi menjadi isoflavon genistein dan daidzein oleh enzim flavon sintase

II. PENGARUH PAPARAN SINAR UV-B TERHADAP TANAMAN KEDELAI

Rendahnya produksi kedelai di Indonesia salah satunya disebabkan oleh radiasi sinar UV dan lama penyinaran (Sumarno *et al.*, 2007), karena paparan sinar UV-B akan memacu sintesa isoflavan yang membutuhkan banyak energi (Xing *et al.*, 2014), sehingga dapat mengurangi pengisian dan pembesaran polong. Sementara itu, produksi kedelai di negara-negara lintang tengah seperti China, Korea dan Jepang umumnya lebih tinggi. Produksi kedelai di Korea pada musim tanam 2013/2014 meningkat menjadi 154.067 ton, naik 31.548 ton atau 26 % dari tahun sebelumnya, karena kondisi cuaca yang menguntungkan dan ada topan (Myers, 2014). Menurut Diffey (1991) fluks radiasi UV tahunan menurun sejalan dengan meningkatnya jarak dari khatulistiwa.

Upaya mengurangi pengaruh negative paparan radiasi sinar UV-B dilakukan dengan mengalihkan konversi energi sintesa isoflavon untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai. Strategi yang dapat dikembangkan adalah penggunaan naungan plastik berproteksi UV-B dan pemberian genistein.

Peberton (1998), salah satu sifat sinar UV-B adalah gelombang elektromagnetik non pengionan, artinya emisi energi sinar UV pada media tidak akan menginduksi terjadinya ionisasi media (Alatas dan Lusiyanti, 2001), daya penetrasi sangat rendah, sehingga penggunaan naungan plastik mampu mengurangi paparan sinar UV-B.

Coward *et al.* (1998) menjelaskan bahwa pemberian isoflavon eksogen yang diekstrak dari sel tanaman kedelai seperti daun dan makanan olahan kedelai yang tidak difermentasi (susu, tahu, tepung, konsentrat protein dan isolat protein kedelai) dapat meningkatkan produksi tanaman kedelai. Pemberian genistein eksogen sebagai tabir surya juga dapat mengurangi paparan sinar UV-B. Hal ini sesuai dengan salah satu sifat sinar UV-B yaitu memiliki daya penetrasi sangat rendah, sehingga lapisan tipis genistein dapat

menahan sebagian besar radiasi sinar UV-B. Berkurangnya paparan sinar UV-B dapat menekan sintesa genistein endogen, sehingga energi untuk sintesa genistein endogen dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai. Beggs *et al.* (2008) menyatakan bahwa isoflavon berfungsi melindungi tanaman dari paparan sinar UV. Isoflavon dapat diekstrak dari sel tanaman kedelai atau produk olahan kedelai yang tidak difermentasi seperti susu kedelai, tofu, tepung kedelai, konsentrat protein kedelai dan isolat protein kedelai (Coward *et al.*, 1998).

Menurut Chalker (1995), tanaman menghasilkan pigmen penyerap UV sebagai garis pertahanan pertama, walaupun tidak sepenuhnya menghindari radiasi UV untuk mencapai DNA. Enzim superoksida dismutase, katalase, peroksidase dan vitamin B, C, dan E, sistein, dan glutathione berperan dalam pertahanan terhadap radiasi UV. Garis pertahanan kedua dilakukan oleh beberapa organisme dengan mengembangkan mekanisme perbaikan seperti fotoreaktivasi, perbaikan eksisi, perbaikan double strand break dan mekanisme lainnya seperti toleransi kerusakan (*dimer bypass*) dan kematian sel terprogram atau apoptosis (Xie *et al.*, 2009).

Tanaman kedelai mengembangkan adaptasi biokimia untuk menghadapi paparan sinar UV-B, dengan mensintesa metabolit sekunder berupa isoflavon, yang merupakan golongan flavonoid. Isoflavon utama pada kedelai terdiri atas genisten, daidzein dan turunan β -glikosida, genistin dan daidzin. Ditemukan juga sejumlah kecil senyawa Isoflavon lainnya seperti glycitein dan glikosidanya (Wang dan Murphy, 1994). Genistein merupakan metabolit sekunder yang memiliki 15-carbon skeleton tipe isomerase, memiliki formula molekul $C_{15}H_{10}O_5$ dan gugus kromofor. Gugus kromofor memiliki ikatan rangkap yang terkonjugasi dan terisolasi. Dua ikatan rangkap terkonjugasi menyebabkan kromofor memiliki kemampuan menyerap sinar UV dan sinar tampak (Roth dan Blaschke, 1998). Gugus kromofor mampu menyerap radiasi sinar UV-B sehingga sinar UV-B yang sampai ke bagian dalam tanaman berkurang, dan tingkat kerusakan klorofil daun bisa dikurangi. Genistein juga memiliki kemampuan memantulkan sinar UV-B dan sinar tampak, sehingga mengurangi sinar UV-B yang sampai ke bagian dalam daun.

Upaya meningkatkan produksi tanaman kedelai dapat dilakukan dengan mengurangi pengaruh negatif paparan sinar UV-B, yaitu dengan mengurangi intensitas paparan sinar UV-B, melalui pemberian isoflavon (eksogen) yang diekstrak dari sel tanaman kedelai. Selain pada daun, isoflavon kedelai juga terdapat pada makanan olahan

kedelai yang tidak difermentasi seperti susu kedelai, tahu, tepung kedelai, konsentrat protein kedelai dan isolat protein kedelai (Coward et al., 1998).

Beggs *et al.* (1985) menyatakan bahwa isoflavon berfungsi melindungi tanaman dari paparan sinar UV. Pemberian isoflavon (eksogen) sebagai pemantul cahaya dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh paparan sinar UV-B. Hal ini sesuai dengan salah satu sifat sinar ultra violet yang memiliki daya penetrasi sangat rendah, sehingga lapisan tipis isoflavon dapat menahan sebagian besar sinar UV-B. Berkurangnya paparan sinar UV-B dapat menekan sintesa isoflavon (endogen), sehingga energi sintesa isoflavon (endogen) dapat dialihkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai.

Pemberian genistein eksogen sebagai tabir surya dapat mengurangi paparan sinar UV-B. Pemberian genistein eksogen mampu memberikan lapisan pelindung organ fotosintesis sehingga proses fotosintesis berjalan normal dan produksi genistein endogen bisa ditekan. Tanaman kedelai dapat menghemat energi, sehingga hasil fotosintesa untuk meningkatkan pertumbuhan dan pengisian polong.

Aplikasi flavonoid eksogen dapat menghambat serangan organisme pengganggu tanaman. Cohen *et al.* (2001), menjelaskan bahwa metabolit sekunder tanaman seperti flavonoid berfungsi dalam mekanisme pertahanan tanaman terhadap gangguan herbivora, stres patogen dan paparan sinar UV-B. Kontak antara tanaman dengan patogen dapat menginduksi produksi phytoalexins, sejenis molekul anti mikroba, termasuk beberapa flavonoid yang akan membentuk jaringan penghambat di sekitar lokasi infeksi. Sehingga aplikasi flavonoid eksogen dapat menjadi substitusi pestisida untuk menghambat serangan hama dan penyakit tanaman dan akhirnya dapat meningkatkan hasil tanaman kedelai.

Flavonoid melindungi tanaman dengan berbagai cara, yaitu anti bakteri, antioksidan, menyerap dan memantulkan sinar UV-B. Flavonoid sebagai anti bakteri akan menghambat sintesis asam nukleat, fungsi membran sitoplasma dan metabolisme energi bakteri. Kedelai edamame mengandung isoflavon sekitar 92,81 $\mu\text{g/g}$ dan genistein sekitar 19,79 $\mu\text{g/g}$ (Mebrahtu *et al.*, 2004). Genistein merupakan isoflavon kedelai radioprotektif dan inhibitor protein kinase (Hong *et al.*, 2011). Genistein adalah penghambat topoisomerase DNA yang berpartisipasi dalam berbagai aspek metabolisme DNA dan banyak inhibitor topoisomerase bakteri bertindak sebagai agen antibakteri. Mekanisme genistein dalam menghambat E.coli diduga melalui inhibisi aktivitas enzim topoisomerase IV dari bakteri E.coli. Sehingga DNA baru dan lama dari bakteri E.coli

tetap terhubung dan sehingga tidak terjadi replikasi karena DNA tersebut tidak terurai (Hong *et al.*, 2011).

Flavonoid sebagai antioksidan akan mendonorkan ion hidrogen untuk menetralkan efek toksik radikal bebas. Flavonoid yang terakumulasi dalam vakuola sel epidermis, efektif menipiskan paparan sinar UV. Berbagai kultivar tanaman kedelai yang tumbuh dengan perbedaan intensitas cahaya, menerima penetrasi sinar UV-B berbeda yang ditunjukkan oleh kandungan fenolat daun yang berbeda (Mazza *et al.*, 2000)

III. PENGARUH GENISTEIN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI TERPAPAR SINAR UV-B

Pemberian konsentrasi dan frekuensi genistein berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman kedelai, yang meliputi jumlah dan bobot bintil akar, luas daun, jumlah klorofil daun, bobot brangkasan kering dan bobot akar kering. Hal ini diduga genistein tidak berperan dalam proses pertumbuhan namun berperan sebagai pelindung dan pertahanan tanaman dari cekaman abiotik maupun biotik. Menurut Saifudin (2014) senyawa metabolit sekunder tidak terlibat langsung dalam metabolisme dasar seperti pertumbuhan dan perkembangan, termasuk mencakup karakter morfologi tanaman kedelai. Namun dengan adanya cekaman sinar UV-B terhadap tanaman kedelai mengakibatkan tingginya produksi metabolit sekunder.. Menurut Sugiyama *et al.*, (2008) dalam bersimbiosis, tanaman legume termasuk tanaman kedelai mengeluarkan sekret sinyal molekuler berupa flavonoid dari jaringan akar yang akan jadi daya tarik rhizobia. Genistein salah satu isoflavon yang ditemukan sebagai eksudat dan berfungsi sebagai sinyal molekuler bagi komunikasi kimia antara *Bradyrhizobium japonicum* dan kedelai

Walapun tanaman kedelai mampu tumbuh dengan normal, namun pemberian genistein tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kusbiantoro dan Purwaningrum (2018) menjelaskan bahwa metabolit primer digunakan tanaman untuk pertumbuhan, sedangkan metabolit sekunder tidak berperan secara langsung dalam pertumbuhan tanaman. Metabolit sekunder adalah produk metabolisme, sifatnya non-esensial bagi pertumbuhan suatu organisme dan ditemukan berbeda-beda antarspesies.

Berbagai konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah klorofil daun, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein tidak meningkatkan jumlah klorofil daun baik klorofil A, klorofil B dan klorofil total. Hal penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein mampu menyerap radiasi sinar UV-B dan memantulkannya kembali ke atmosfer, sehingga mampu mengurangi kerusakan klorofil daun, namun demikian pemberian genistein tidak meningkatkan jumlah klorofil daun, karena jumlah klorofil daun salah satunya ditentukan oleh kemampuan bakteri *Rhizobium* dalam menyerap N bebas dari udara dan luas daun tanaman kedelai.

Pemberian konsentrasi dan frekuensi genistein berpengaruh nyata terhadap variabel hasil tanaman kedelai yang meliputi jumlah biji per tanaman dan bobot biji per tanaman. Interaksi antara konsentrasi dan frekuensi genistein tidak berpengaruh nyata pada semua variabel hasil. Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi genistein dan frekuensi pemberian genistein berpengaruh nyata terhadap jumlah biji per tanaman, data ini menjelaskan konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein meningkatkan jumlah biji per tanaman. Meningkatnya hasil tanaman kedelai karena genistein mampu mengurangi cekaman paparan sinar UV-B, menurunnya cekaman paparan sinar UV-B akan meminimalkan modifikasi metabolit primer menjadi metabolit sekunder, sehingga proses metabolisme dasar tanaman lebih optimal. Mariska (2013) menjelaskan produksi metabolit sekunder berbeda dengan metabolit primer. Produksi senyawa metabolit sekunder terjadi melalui jalur di luar biosintesis karbohidrat dan protein.

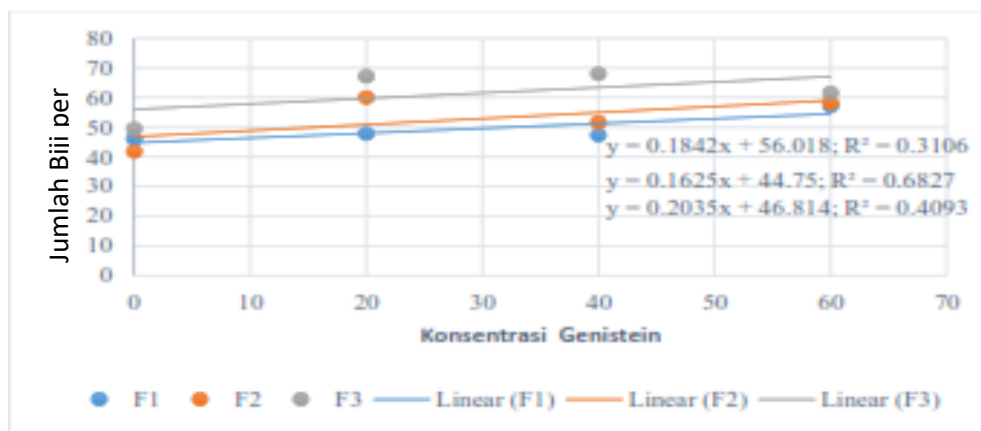
Tabel 1 menunjukkan konsentrasi genistein 60 mg/L menghasilkan jumlah biji terbanyak yaitu 58,94 butir, meningkat 3,27 butir (5,87 %) dibanding konsentrasi 40 mg/L dan meningkat 0,61 butir (1,05 %) dibanding konsentrasi 20 mg/L dan meningkat 13,11 butir (28,61 %) dibanding 0 mg/L Frekuensi pemberian genistein 3 kali, umur 20, 30 dan 40 hari setelah tanam (hst) menghasilkan jumlah biji per tanaman terbanyak, yaitu 61,54 butir, meningkat 8,62 butir (16,29 %) dibanding frekuensi pemberian genistein 2 kali yaitu umur 20 dan 30 hst, dan meningkat 11,92 butir (24,02 %) dibanding frekuensi pemberian genistein 1 kali, umur 20 hst

Tabel 1. Jumlah biji per tanaman (butir) bobot biji per tanaman (g) dan kandungan genistein biji (%) pada berbagai konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein

Perlakuan	Jumlah biji per tanaman (butir)	Bobot biji per tanaman (g)	Kandungan genistein biji (%)
Konsentrasi			
K0 (0 g/L)	45,83 a	5,31 b	0,0051 a
K1 (20 mg/L)	58,33 a	7,30 a	0,0061 a
K2 (40 mg/L)	55,67 a	7,33 a	0,0051 a
K3 (60 mg/L)	58,94 b	7,69 a	0,0084 a
Frekuensi			
F1 (20 hst)	49,62 a	6,51 b	0,0055 a
F2 (20 dan 30 hst)	52,92 b	6,39 b	0,0070 a
F3 (20, 30 dan 40 hst)	61,54 b	7,82 a	0,0051 a

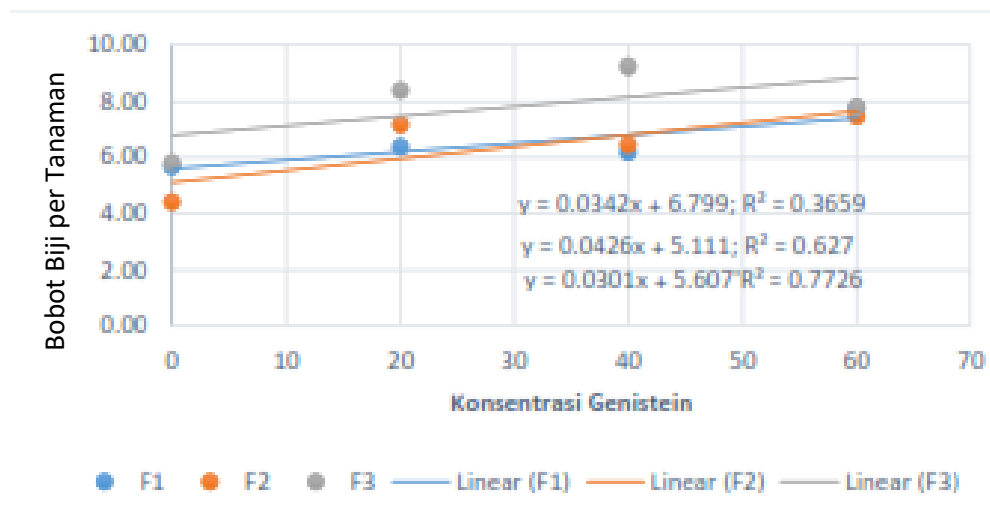
Keterangan: angka pada kolom dan perlakuan yang sama diikuti huruf non-kapital sama menunjukkan tidak beda nyata antar perlakuan pada uji Duncan (DMRT) taraf kepercayaan 95%

Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein berpengaruh nyata terhadap bobot biji pertanaman per tanaman, data ini menunjukkan bahwa bahwa konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein meningkatkan bobot biji kering per tanaman. Hal ini menunjukkan konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein mampu mengurangi cekaman paparan sinar UV-B, sehingga tanaman kedelai tumbuh dengan baik dan modifikasi metabolit primer menjadi metabolit sekunder dapat dikurangi, sehingga proses metabolisme dasar tanaman lebih optimal.



Gambar 3 Jumlah biji per tanaman (butir) pada berbagai konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein

Data tersebut juga menunjukkan bahwa ukuran dan bobot individu biji relative seragam, sehingga semakin banyak jumlah biji yang dihasilkan tanaman kedelai akan diikuti meningkatnya bobot biji kedelai. Menurut Sumardi *et al.* (2007), bobot biji per tanaman padi dipengaruhi oleh jumlah biji per tanaman. Konsentrasi genistein 60 mg/L dan frekuensi pemberian genistein 3 kali, umur 20, 30, 40 hst menghasilkan jumlah biji per tanaman terbanyak, sehingga menghasilkan bobot biji per tanaman terberat.



Gambar 4. Bobot biji per tanaman (gram) pada berbagai konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein

Tabel 1 menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein tidak berpengaruh terhadap kandungan genistein biji, data tersebut menjelaskan bahwa konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein tidak meningkatkan kandungan genistein biji, hal ini berarti konsentrasi dan frekuensi pemberian genistein dapat menyerap dan mengurangi paparan sinar UV-B. Paparan sinar UV-B pada tanaman kedelai menyebabkan modifikasi metabolit primer menjadi genistein dapat dikurangi, sehingga tanaman lebih fokus kepada pertumbuhan metabolit primer, akibatnya kandungan genistein biji seragam. Kandungan genistein biji setiap perlakuan sangat kecil dibandingkan dengan hasil ekstraksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan genistein biji kedelai antara lain faktor lingkungan, varietas, dan jenis pupuk yang digunakan.

Menurut Mazza *et al.* (2000) flavonoid yang terakumulasi dalam vakuola sel epidermis, efektif menyerap paparan sinar UV. Bagian molekul yang mengabsorpsi sinar UV dan sinar tampak adalah kromofor, yaitu suatu gugus fungsi yang mampu

mengabsorpsi spektrum pada daerah sinar UV-sinar tampak ($\lambda > 200$ nm). (Roth dan Blaschke, 1998). Berbagai kultivar tanaman kedelai yang tumbuh dengan perbedaan intensitas cahaya, menerima penetrasi sinar UV-B berbeda yang ditunjukkan oleh kandungan fenolat daun yang berbeda.

IV. SIMPULAN

Pemberian konsentrasi genistein sampai 60 mg/L meningkatkan hasil kedelai yang ditunjukkan oleh peningkatan jumlah biji dan bobot biji per tanaman. Jumlah biji per tanaman meningkat 44,82% dibanding konsentrasi 0 mg/L, 5,34% dibanding konsentrasi 20 mg/L dan 4,91% dibanding konsentrasi 40 mg/L. Bobot biji per tanaman meningkat 30,95% dibanding konsentrasi 0 mg/L, 5,07% dibanding konsentrasi 20 mg/L dan 4,68% dibanding konsentrasi 40 mg/L, walaupun konsentrasi genistein tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

Semakin banyak frekuensi pemberian genistein meningkatkan jumlah biji dan bobot biji per tanaman. Pemberian genistein tiga kali meningkatkan jumlah biji per tanaman 19,36% dibanding pemberian satu kali dan 14,01% dibanding pemberian dua kali. Pemberian genistein tiga kali meningkatkan bobot biji per tanaman 16,75% dibanding pemberian satu kali dan 18,29% dibanding pemberian dua kali, walaupun frekuensi pemberian genistein tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

Tidak ada interaksi antara konsentrasi genistein dan frekuensi pemberian genistein pada pertumbuhan dan hasil kedelai, menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi genistein tidak bergantung pada frekuensi pemberian genistein

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad SA. 1985. *Kimia Organik Bahan Alam*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Terbuka. Jakarta
- Andino, J. M. 1999. *Chlorofluorocarbons (CFCs) are heavier than air, so how do scientists suppose that these chemicals reach the altitude of the ozone layer to adversely affect it?*". Scientific American. 264: 68.
- Beggs J. Christopher, Wellmann Eckard., 2008. *Analysis of light-controlled anthocyanin formation in coleoptiles of Zea mays L.*: The role of UV-B, blue, red and far-red light Photochemistry and Photobiology 41(4):481 – 486
- Beggs, C.J, Andrea S, J, and Eckard W, 1985. *Isoflavonoid Formation As An Indicator Of Uv Stress In Bean (Phaseolus vulgaris L.) Leaves. The Significance Of Photorepair In Assessing Potential Damage By Increased Solar UV-B Radiation*. Biologisches Institut II, Universitat Freiburg, Schanzlestrasse 1, D-7800 Freiburg, West Germany.
- Caldwell, M.M., Bjorn,L.O., Bornman, J.F., Teramura, A.H., Flin, S.D., Tevini, M., Kulandaivelu, G., 1998., Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 46 (1998) 40–52.
- Caldwell, M.M., Rahul D., and Paul J. S., 1998, *Cosmological Imprint of an Energy Component with General Equation of State*, Phys. Rev. Lett. 80, 1582
- Caldwell M.M., Ballare C.L., Bornman J.F., Flint S.D., Djorn L.O., Teramura A.H., Kulandaivelu G., Tevini M. 2003. Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation and interaction with other climate change factors. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2003;2:29–38
- Chalker-Scott L. Survival and sex ratios of the intertidal copepod, Tigriopus californicus, following ultraviolet-B (290–320 nm) radiation exposure. *Marine Biology*. 1995; 123 (4):799–804.
- Cohen, M.F., Y. Sakihama, H. Yamasaki., 2001. Roles Of Plant Flavonoids In Interaction With Microbes: From Protection Against Pathogens To The Mediation Of Mutualism. Recent Res. *Plan Physiol.*, 2. (2001) 157-175.
- Cornner, J. K., Neumeier, R., 2002. The effect of ultraviolet-B Radiation and intraspecific competition on growth, pollination succes, and lifetime famele fitness in Phacelia campanularia and P. Purshii (Hydrophyl lacea). *American Journal Botany* 89 (1): 103-110.202.
- Coward, L., M. Smith, M. Kirk, and S. Barnes. 1998. Chemical modification of isoflavones in soyfoods during cooking and processing. *Am. J. Clin. Nutr.* 68(Suppl): 1486S-1491S
- Crozier A, Clifford MN, Ashihara H. 2006. *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure, and Role in the Human Diet*. Iowa: Blackwell Publishing Ltd.
- De Grujl, F.R., 2000. *Health Effect From Solar UV Radiation*. 72 (3-4) 177-196

- Diffey, B.L. (1991) Solar Ultraviolet Radiation Effects On Biological Systems. Regional Medical Physics Department, Dryburn Hospital, Durham DHI STW. UK. *Phys. Med. Biol* , 1991, Vol. 36. No 3, 299-328. Printed in the UK.
- Falcone F ML, Rius SP, Casati P (2012a) *Flavonoids: Biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications*. Front Plant Sci 3.
- Gaberssik, A., M. T. VonCina, M. T. Trost, M. Germa and L.O. Bjorn 2002. Growth and production of buckwheat (*Fago.p'yrum esculentum*) treated with reduced, ambient, and enhanced UV-B radiation. *Journal of Photochemis. try and Photobiology B: Biology* 66: 30-36.
- Golaszewska, K.Z., Upadhyaya, M.K., and Golaszewski, J., 2003. The effect of UV-B radiation on plant growth and development. *Plant Soil Environ.*, 49, 2003 (3): 135–140
- Heisler G.M., Grant R.H., Gao W., Slusser J.R. Ultraviolet radiation and its impacts on agriculture and forests. *Agric. For. Meteorol.* 2003;120(3):120–133.
- Hernandez, I., & Van Breusegem, F. 2010. Opinion on the possible role of flavonoids as energy escape valves: novel tools for nature's Swiss army knife? *PLANT SCIENCE*, 179(4), 297–301.
- Hong, J.-L., Qin, X.-Y., Shu, P., Wang, Q., Zhou, Z.-F., Wang, G.-K., 2011. Comparative study of isoflavones in wild and cultivated soybeans as well as bean products by high-performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry and chemometric techniques. *European Food Research and Technology*, 233: 869–880.
- Kakani, V.G., Reddy, K.R., D. Zhao, Mohammed, R., 2002. Effects of ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsatum* L.) Morphology and anatomy. *Annals of Botany* 91:817-826,2003.doi:10.1093/aob/mcg 086, available on line at www.aob.oupjournals.org
- Krause G.H., Galle, A., Gademann, R., Winter, K., al 2003. Capacity of protection againts ultraviolet radiation in sun and shade leaves of tropical forest plant. *Functional Plant Biology* 2003, 30.533-542.
- Kumar, S. & Pandey, A., 2013, Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview, *The ScientificWorld Journal*, 2013, 1-16
- Kusbiantoro, D., dan Purwaningrum, Y. 2018. Pemanfaatan Kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat. *Jurnal Kultivasi Vol. 17 (1) : 544-549*
- Mariska, I. 2013. Metabolit sekunder: Jalur pembentukan dan kegunaannya. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/>. Diakses tanggal 21 Desember 2015.
- Markham, K.,R. 1988. *Cara Mengidentifikasi Flavanoid*. (diterjemahan oleh Padmawinata, K), Penerbit ITB, Bandung.
- Matthew, C., A. Hofmann, G.L. Rapson, R.L. Mc.Kenzie, P.D. Kemp., and M.A. Osborne, 1996., Growth of ryegrass and white clover under canopies with contrasting transmission of ultraviolet-Bradiation. *Proceedings Agronomy Society of N.Z.* 26. 1996.

- Mazza CA, Boccalandro HE, Giordano CV, Battista D, Scopel AL, Ballaré CL. 2000. Functional Significance and Induction by Solar Radiation of Ultraviolet-Absorbing Sunscreens in Field-Grown Soybean Crops. *Plant Physiol.* 2000 Jan; 122(1): 117–126. doi: 10.1104/pp.122.1.117. PMID: 10631255/ [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC58850/Mazza et al., \(2000\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC58850/Mazza%20et%20al.,%20(2000))
- Middleton, E.M., and Teramura, A.H., 1993., The Role of Flavonol Glycosides and Carotenoids in Protecting Soybean from Ultraviolet-B Damage. *Plant Physiol.* (1993) 103: 741 -752
- Myers, M. A.2014. Korea-Republic of Oilseeds and Products Annual, 2014 Annual. Grain Report. Global Agricultural Information Net Work. *USDA Foreign Agricultural Service. GAIN Report Number: KS1413.*
- Nogue´s, S., Damian J. Allen, James I.L. Morison, and Neil R. Baker. 1998. Ultraviolet-B Radiation Effects on Water Relations, Leaf Development, and Photosynthesis in Droughted Pea Plants. *Plant Physiol.* 117: 173–181
- Peberton, B. 1998. Ultraviolet Light Improves Bedding Plants, Vegetable Transplants Quality. <https://today.agrilife.org/1998/11/27/ultraviolet-lightimproves-bedding-plants-vegetable-transplants-quality/>. Accessed: 14-02- 2018.
- Piubelli GC, Hoffmann-Campo CB, Moscardi F, Miyakubo SH, de Oliveira MC. Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatilis*? *J Chem Ecol.* 2005; 31:1509–25.
- Polkowski K, Popiołkiewicz J, Krzeczyński P, Ramza J, Pucko W, Zegrocka-Stendel O, Boryski J, Skierski JS, Mazurek AP, Gryniewicz G. 2004. Cytostatic and cytotoxic activity of synthetic genistein glycosides against human cancer cell lines. *Cancer Letters*, 203, 59–69. *Presterl et al., 2003.*
- Robakowski, P., 1999. Impact of ultraviolet-B radiation on two species of forest dwarf shrubs: Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Polish Journal of Ecology* 47(1):3-13
- Robinson, T., 1995, *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi, Edisi VI*, (Diterjemahkan oleh Padmawinata, K), ITB, Bandung.
- Roleda, M.Y., C. Wiencke, and U. H. Luder, 2006., Impact Of Ultraviolet Radiation on Cell Structure, UV-Absorbing Compounds, Photosynthesis, DNA Damage, and Germination in Zoospores of Arctic Saccorhiza Dermatodea. *Journal Of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 14, pp. 3847–3856, 2006 doi:10.1093/jxb/erl154 Advance Access publication 18 October, 2006
- Roth, J.H., dan Blaschke, G., 1998, *Analisis Farmasi*, Cetakan III, diterjemahkan oleh Kisman, S., dan Ibrahim, S., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Saifudin, A. 2014. *Senyawa Alam Metabolit Sekunder Teori, Konsep, dan Teknik Pemurnian*. Penerbit Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama): DIY
- Sugiyama, A., N. Shitan, K. Yazaki. 2008. Signaling from soybean roots to rhizobium, an ATP-binding cassette-type transporter mediates genistein secretion. *Addendum. Plant Signal. Behav.* 3:38-40.

Sumardi. 2007. Peningkatan produktivitas padi sawah melalui perbaikan lingkungan tumbuh dalam meningkatkan hubungan source-sink tanaman pada metode SRI (The System of Rice Intensification). *Disertasi. Program Pasca sarjana Universitas Andalas, Padang. Tidak dipublikasikan*