

Senyawa isoflavon ...

by Bc 2

Submission date: 21-Jun-2022 01:37PM (UTC+0700)

Submission ID: 1860617249

File name: C.1.b.22-BC-STEM_DALAM_PEMBELAJARAN_BIOLOGI.pdf (4.65M)

Word count: 4671

Character count: 31144

Bagian 3

Senyawa Isoflavon Tumbuhan Leguminoceae sebagai Sumber Belajar Berbasis Kearifan Lokal

Cilia Novi Primiani¹⁾, Mohammad Arfi Setiawan²⁾

¹⁾Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Madiun

²⁾Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

Email: primiani@unipma.ac.id

Abstrak. Leguminoceae merupakan tumbuhan kacang-kacangan/polong-polongan, banyak tumbuh di lingkungan sekitar. Tumbuhan legume banyak dimanfaatkan sebagai sayuran dalam kebutuhan sehari-hari, tetapi belum optimal dalam pemanfaatan dalam bidang kesehatan. Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa tumbuhan legume mengandung senyawa isoflavon. Isoflavon tumbuhan legume merupakan senyawa metabolit sekunder, kadar isoflavon dapat dianalisis menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Struktur kimia isoflavon menyerupai 17β -estradiol serta sifat fisiologisnya mirip hormon estrogen. Struktur isoflavon mempunyai 12 isomer yang terdiri dari 3 senyawa aglikon yaitu *daidzein*, *genistein*, dan *glycitein* serta glukosida yaitu *daidzin*, *genistin*, *glycitin*, *acetyl-daidzin*, *acetylgenistin*, dan *acetylglycitin*. Sifat estrogenik isoflavon di dalam tubuh memberikan manfaat, bahwa tumbuhan legume dapat digunakan dalam pencegahan, terapi dan kebugaran tubuh. Keberagaman tumbuhan legume yang terdapat di lingkungan sekitar tetapi kemanfaatannya belum optimal, diperlukan upaya edukasi. Tumbuhan legume dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar, sehingga karakteristik tumbuhan legume serta manfaatnya dapat dikenal secara luas. Pengembangan sumber belajar berbasis penelitian (*discovery inquiry*) kearifan lokal tumbuhan legume merupakan upaya meningkatkan berpikir kritis dan pengembangan konsep metodologis.

Kata kunci: Leguminoceae, isoflavon, 17β -estradiol, estrogenik, sumber belajar

Keragaman Tumbuhan Leguminoceae di Indonesia

Keanekaragaman hayati tumbuhan di Indonesia sebagai negara tropis merupakan kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan pada semua aspek kehidupan. Hutan tropis mendominasi kawasan hutan di seluruh wilayah Indonesia. Hutan tropis mempunyai tingkat kelembaban tinggi

dengan curah hujan 1200 mm per tahun (Rauf *dkk.*, 2009; Wiharto, 2015; Onrizal *dkk.*, 2017). Kondisi hutan tropis di Indonesia memberikan habitat sangat baik bagi berbagai jenis tumbuhan. Keragaman tumbuhan dapat tumbuh baik di wilayah Nusantara, meskipun tumbuhan tersebut bukan berasal (asli) dari Indonesia.

Salah satu keragaman jenis tumbuhan yang tumbuh subur di Indonesia adalah kacang-kacangan/Leguminoceae. Keragaman jenis kacang-kacangan/legum (kacang kedelai, kapri, gude, kacang tanah, lamtoro, turi, dan masih banyak lagi) banyak dimanfaatkan masyarakat terutama dalam bidang pangan. Berbagai jenis kacang-kacangan di Indonesia merupakan kearifan lokal yang perlu didayagunakan dan dilestarikan. Masyarakat banyak memanfaatkan kacang-kacangan dalam bidang pangan dan belum banyak dikembangkan dalam bidang kesehatan. Penggalan kemanfaatan kacang-kacangan secara lebih luas diperlukan upaya berbagai bidang, agar kacang-kacangan menjadi salah satu komoditas pangan yang dikenal secara luas.

Beberapa jenis tumbuhan kacang-kacangan belum optimal dimanfaatkan, bahkan keberadaannya sampai saat ini terancam punah. Pengembangan budidaya berbagai jenis kacang-kacangan kurang bersifat menyeluruh, sehingga keragaman kacang-kacangan kurang optimal. Ada jenis kacang-kacangan yang dikembangkan secara besar-besaran bahkan dikembangkan di tingkat internasional, tetapi ada jenis kacang-kacangan yang sampai saat ini sulit ditemukan.

Budidaya dan pengembangan kacang kedelai dilakukan terus menerus, bahkan sudah banyak varietas kedelai yang dikembangkan. Salah satu nilai kemanfaatan kacang-kacangan dapat dieksplorasi dari kandungan senyawa kimia yang dimiliki. Keragaman senyawa kimia pada kacang-kacangan menjadi dasar pengembangan budidaya kacang-kacangan, sehingga kacang-kacangan dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan (Rahman & Parvin, 2014; Diniyah & Lee, 2020; Jimoh *dkk.*, 2020).

Keanekaragamaa² hayati tumbuhan dapat diklasifikasikan sesuai dengan karakteristiknya. Salah satu klasifikasi adalah kelas Fabaceae atau lebih dikenal dengan Leguminaceae, dikenal sebagai suku polong-polongan (legum) (del Socorro López-Cortez *dkk.*, 2016). Famili Leguminoceae atau tumbu²an legum merupakan jenis tumbuhan berkeping belah (berkeping dua). Tumbuhan dikotil ini lebih masyarakat mengenalnya sebagai tumbuhan kacang-kacangan. Keseluruhan tubuh tumbuhan yaitu bagian akar, batang, bunga, biji, umbi, dan daun memiliki karakteristik morfologi serta mempunyai potensi untuk dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan pangan

(Pina-Pérez & Pérez, 2018; Akram *dkk.*, 2018; Becerra-Tomás *dkk.*, 2019; Shi *dkk.*, 2020).

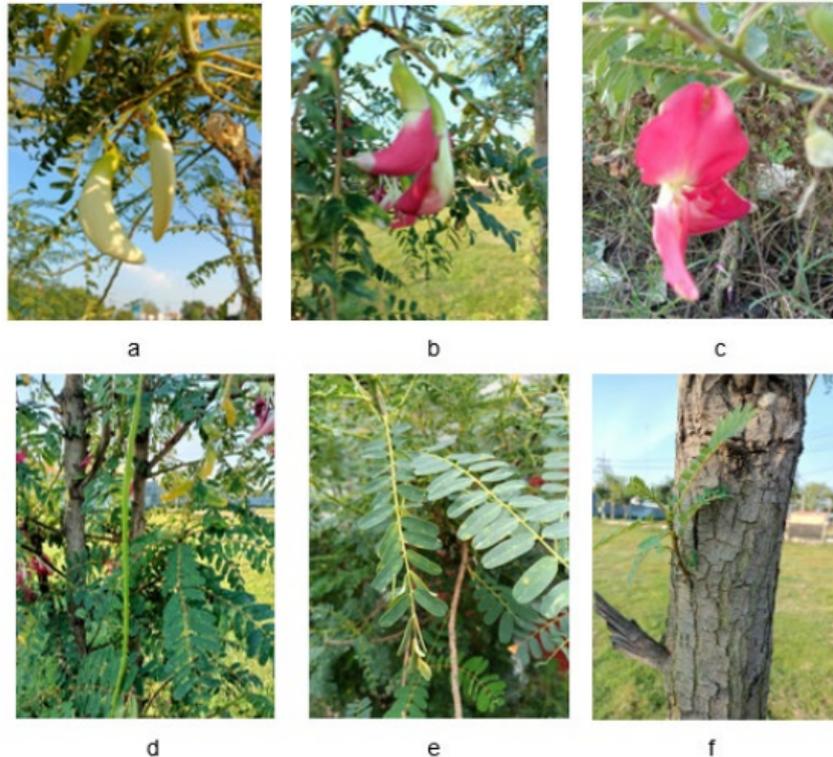
Berbagai jenis tumbuhan kacang-kacangan seperti kacang buncis, kacang kapri, kacang tanah, kacang tunggak, kacang gude, kacang bogor, kacang panjang, kacang hijau, kacang merah, dan kacang kedelai merupakan spesies Leguminaceae (Pratiwi *dkk.*, 2018; Refwallu & Sahertian, 2020). Masyarakat memanfaatkan bengkuang adalah bagian umbinya. Pemanfaatan tumbuhan legum sudah sangat beragam, antara lain dalam bidang pangan, kesehatan, kecantikan dan kebugaran. Teknologi pengolahan legum juga sudah banyak berkembang, misalnya susu, olahan pangan, dan kosmetika.

Karakteristik Leguminoceae

Leguminoceae mempunyai karakteristik yaitu: a) tumbuh dengan cara merambat (herba) dan pohon (perdu), b) dikotiledon dengan bijinya terdiri dari dua kotiledon atau disebut berkeping dua, c) sistem perakaran tunggang, bercabang-cabang dan tumbuh jauh ke dalam tanah, d) daun berbentuk kupu-kupu, e) mudah bertumbuh baik pada berbagai situasi dan kondisi tanah. Tumbuhan Leguminoceae, berdasarkan bentuk/morfologinya, terdapat 2, jenis yaitu 1) Leguminoceae bentuk pohon yang merupakan tumbuhan legum berkayu serta tinggi pohon berkisar lebih dari 1,5 m serta 2) Leguminoceae dengan jenis semak, yang merupakan legum dengan bentuk tumbuhan memanjat dan merambat, mempunyai tinggi kurang dari 1,5 m. Tumbuhan Leguminoceae mempunyai karakteristik yaitu: a) bunga bertipe kupu-kupu, zigomorf dengan ciri khas mahkota bunga berlainan bentuknya, b) mahkota bunga dibedakan menjadi tiga bagian, bendera, alae (sayap) dan lunas (carina) melindungi benang sari dan putik, c) buahnya bertipe polong-polongan, d) tipe daun majemuk, dan e) batangnya berkayu (Annor *dkk.*, 2014). Adapun karakteristik tumbuhan legume seperti pada Gambar 1.

Tumbuhan Leguminoceae dapat melakukan konversi nitrogen (N_2) di atmosfer menjadi komponen nitrogen (N_2), hal ini dapat digunakan tumbuhan di sekitarnya. Kondisi ini disebabkan adanya nodul-nodul pada akar legum yang mengandung bakteri *Rhizobium*. *Rhizobium* merupakan bakteri yang mempunyai hubungan erat/simbiosis dengan tumbuhan legume itu sendiri dalam melakukan proses fiksasi nitrogen (Oke & Long, 1999; Sari & Prayudyaningsih, 2015; Meitasari & Wicaksono, 2018; Masson-Boivin, & Sachs, 2018). Proses fiksasi nitrogen ini diperlukan untuk keperluan tumbuhan itu sendiri. Simbiosis/hubungan timbal balik yang terjadi adalah tumbuhan legum memberikan suplai bakteri dengan sumber karbon (C) yang

diproduksi melalui proses fotosintesis. Kondisi ini menyebabkan tumbuhan legum mampu bertahan hidup dan bersaing secara efektif pada suatu daerah dengan kondisi kekurangan nitrogen.



Gambar 1. Karakteristik tumbuhan Leguminosae

- a) Bunga turi bentuk kupu-kupu, b) Bunga turi merah, c) Ketiga bagian mahkota bunga
- d) Biji turi bentuk polong, e) Daun bertipe majemuk, f) Batang berkayu

Senyawa Isoflavon pada Tumbuhan Leguminosae

Senyawa metabolit¹ sekunder merupakan senyawa organik yang disintesis oleh tumbuhan. Salah satu senyawa metabolit sekunder adalah isoflavon beserta senyawa turunannya. Isoflavon beserta turunannya merupakan senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan Leguminosae. Isoflavon merupakan senyawa fenol yang struktur senyawa kompleks. Senyawa isoflavon sebagai senyawa kompleks, disebabkan karena senyawa gugus fenolik berkonjugasi dengan senyawa gula yang dihubungkan melalui ikatan glikosida (Szeja *dkk.*, 2017).

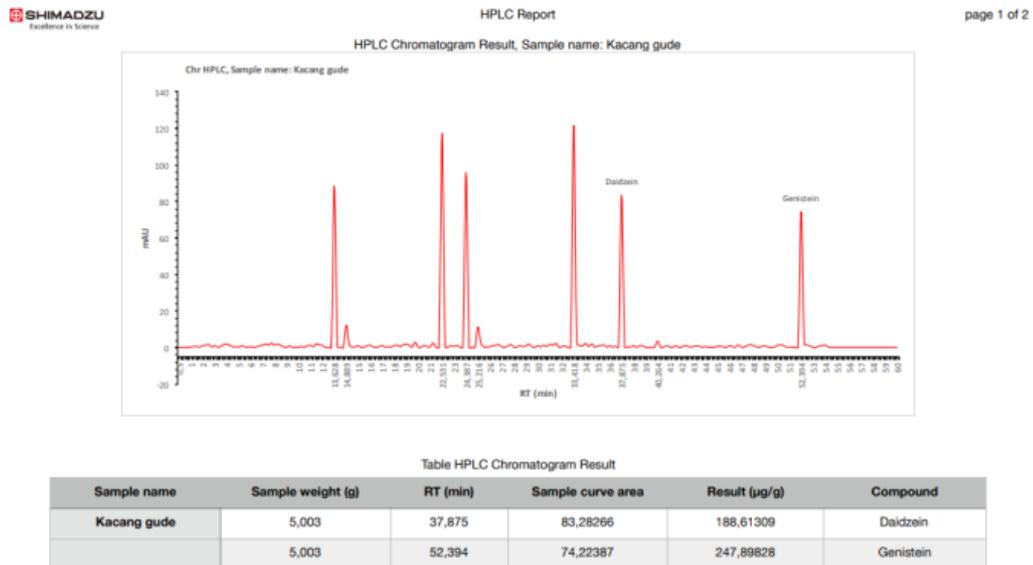
Isoflavon sering disebut sebagai senyawa dengan keunikan tertentu. Keunikan isoflavon disebabkan karena selama proses pengolahan secara fermentasi maupun non fermentasi, senyawa isoflavon mengalami proses hidrolisa. Proses hidrolisa senyawa isoflavon menghasilkan senyawa isoflavon bebas disebut sebagai senyawa aglikon. Berbagai hasil penelitian menjelaskan bahwa senyawa aglikon mempunyai aktivitas lebih baik di dalam tubuh. Aktivitas biologis senyawa isoflavon dalam sistem biologis tubuh telah banyak dibahas, hal inilah sebagai dasar, bahwa senyawa isoflavon dapat dikembangkan untuk inovasi pangan fungsional dan kesehatan.

1 Karakteristik senyawa isoflavon pada tumbuhan dapat dianalisis menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Metode HPLC disebut juga dengan metode kromatografi cair kinerja tinggi. Metode ini merupakan teknik analisis pengujian sangat berkembang, sampai saat ini digunakan untuk analisis pemisahan senyawa kimia suatu bahan. Metode HPLC telah banyak digunakan dalam memisahkan senyawa dalam bahan alam. Peralatan/instrumentasi HPLC secara prinsip dasar terdiri dari: suatu tempat/wadah fase gerak, alat pompa, alat tempat inject, peralatan kolom detektor, tempat/wadah penampung pembuangan fase gerak, seperangkat komputer, seperangkat alat perekam/integrator. Salah satu hasil penelitian yang telah dilakukan analisis senyawa isoflavon pada biji kacang gude, seperti pada Gambar 2. Adapun serangkaian instrumentasi HPLC, menggunakan sistem HPLC Shimadzu seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumentasi HPLC analisa isoflavon

HPLC apparatus model	1 Shimadzu
system controller	SCL 10 AVP
solvent delivering unit	LC 20 AT
Column oven	CTO 10 ASVP
Detector	SPD 20 A UV Vis Detector
Column	C 18,5 µm Shimadzu 120 x 4.6 mm,
Column temperature	15° C,
Mobile phase	Acetonitrile 20% in acetic acid 3%
Mobile phase method	Isocratic method
Flow rate	0,8 ml/min
Injection volume	20 µl
Wavelength detector	261 nm
Run time	60 min
HPLC method	Isoflavon method

Berdasarkan hasil analisis HPLC biji kacang gude (Gambar 2) menunjukkan bahwa senyawa daidzein dan genistein merupakan senyawa derivat isoflavon dengan kadar tertentu (188,61309 µg/g dan 247,89828 µg/g)



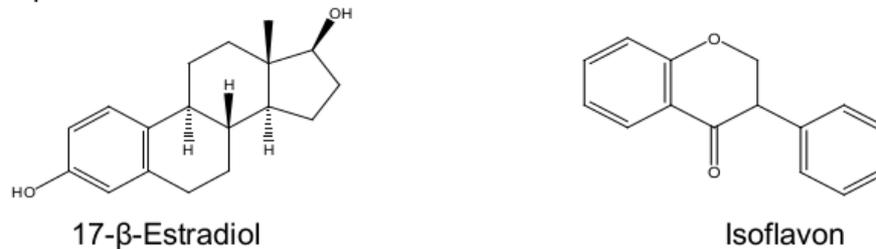
Gambar 2. Hasil kromatografi biji kacang gude

Struktur Kimia dan Sifat Isoflavon

Flavonoid merupakan senyawa polifenol dengan 15 atom karbon yang tersusun dalam konfigurasi $C_6 - C_3 - C_6$. Konfigurasi flavonoid terdiri dari 2 gugus atom C_6 (maksudnya adalah cincin benzene tersubstitusi) dan dihubungkan dengan ikatan rantai alifatik 3 atom karbon (Wang & Bi, 2018). Senyawa isoflavon sebagai senyawa polifenol, golongan flavonoid, dengan struktur 15 atom karbon, serta dua cincin benzena (C_6) terikat pada rantai propana (C_3) dan 2 senyawa fenol serta terikat rantai propana (C_3). Profil struktur flavonoid sering disebut sebagai fenilbenzopiron (Arifin & Ibrahim, 2018). Isoflavon merupakan kelompok terbesar dari isoflavonoid, sebagai metabolit sekunder yang ditemukan pada tumbuhan famili Leguminoceae/Fabaceae (Ko, 2014; Barreira *dkk.*, 2017; Primiani *dkk.*, 2018). Menurut Kim *dkk.*, 2008, isoflavonoids diklasifikasikan menjadi isoflavones, isoflavanones, isoflavanols, isoflavans, rotenoids, dan pterocarpans (Foudah & Abdel-Kader, 2017).

Struktur isoflavon mempunyai 12 isomer yang terdiri dari 3 senyawa aglikon yaitu *daidzein*, *genistein*, dan *glycitein* serta glukosida yaitu *daidzin*,

genistin, *glycitin*, *acetyl-daidzin*, *acetylgenistin*, dan *acetylglycitin* (Křižová *dkk.*, 2019). Isoflavon juga memiliki struktur yang mirip dengan hormon estrogen (estradiol). Chen *dkk.*, 2015). Struktur kimia isoflavon dan estradiol terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur kimia 17-β- estradiol dan isoflavon

Struktur kimia isoflavon mirip dengan struktur estrogen (Gambar 3) (Nikolić *dkk.*, 2017). Struktur kimia isoflavon menyerupai 17β-estradiol serta sifat fisiologisnya mirip hormon estrogen (Cai *dkk.*, 2005; Bolca *dkk.*, 2009; Uifălean *dkk.*, 2016). Berdasarkan struktur kimianya yang mirip dengan hormon estrogen inilah, maka senyawa isoflavon mempunyai sifat estrogenik dalam tubuh (Möller *dkk.*, 2016). Sifat estrogenik dalam tubuh senyawa isoflavon mirip dengan sifat estrogenik hormon estrogen. Adanya sifat estrogenik inilah, maka senyawa isoflavon dapat digunakan dalam bidang kesehatan. Hormon estrogen dapat digunakan dalam terapi penyakit kardiovaskuler (Gil-Izquierdo *dkk.*, 2012), mereduksi resiko osteoporosis (Nurrochmad *dkk.*, 2010) dan mereduksi gejala-gejala menopause (Zheng *dkk.*, 2016). Penggunaan fitoestrogen dapat mereduksi *hot flush* (Chen *dkk.*, 2015).

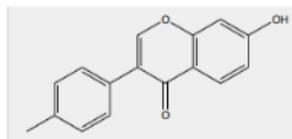
Senyawa isoflavon mempunyai struktur kimia mirip dengan 17β-estradiol yang berasal dari berbagai tumbuhan sering disebut sebagai fitoestrogen (Pabich & Materska, 2019). Sifat dan katakteristik fitoestrogen dapat memberikan potensi dan sifat estrogenik dalam tubuh. Berbagai tumbuhan dengan kandungan isoflavon dimanfaatkan sebagai terapi. Isoflavon pada kedelai berkontribusi terhadap integritas uteus tikus diabetik (Carbonel *dkk.*, 2018). Isoflavon dapat mencegah dan terapi kanker prostat (Sivoňová *dkk.*, 2019).

Kemiripan struktur kimia isoflavon dengan struktur kimia hormon estrogen atau kemiripan dengan 17 β estradiol, menyebabkan sifat fisiologis isoflavon mirip dengan estrogen. Sifat estrogenik isoflavon menyebabkan semakin berkembangnya penelitian terkait dengan potensi isoflavon di bidang kesehatan. Hasil-hasil penelitian isoflavon telah banyak dilakukan, dimanfaatkan dan telah dikomersialkan. Salah satu contoh adalah produk

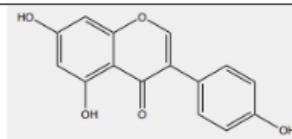
suplemen makanan dan suplemen kesehatan. Penelitian yang dilakukan pada pengembangan senyawa pada tumbuhan.

Isoflavon merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang tersebar di berbagai bagian tubuh tumbuhan sebagai bentuk glikosida 6"-O-malonyl-7-O-β-D-glucoside dan 6"-O-acetyl-7-O-β-D-glucosida yang secara biologis inaktif (Brown & Setchell, 2001; Wiseman *dkk.*, 2002) telah mengkaji sejumlah 12 isomer isoflavon yang terdiri dari 3 senyawa aglikon (daidzein, genistein, dan glycitein) serta glukosida (daidzin, genistin, glycitin, acetyl-daidzin, acetylgenistin, acetylglycitin), strukturnya terdapat pada Gambar 4. Berdasarkan analisis *nuclear magnetic resonance* (NMR) struktur isoflavon membentuk isomer. Struktur fenolik isoflavon mengalami proses metabolisme sangat besar setelah proses pencernaan oleh mikroba intestinum. Senyawa metabolit polifenol mempunyai aktivitas biologis lebih tinggi daripada komponen tunggal (Jiang *dkk.*, 2009).

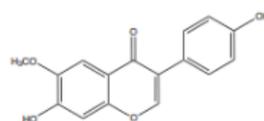
daidzein



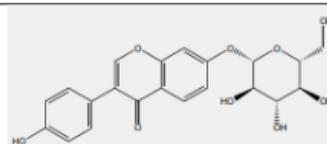
genistein



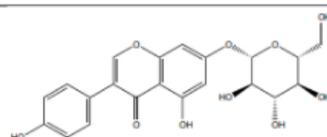
glycitein



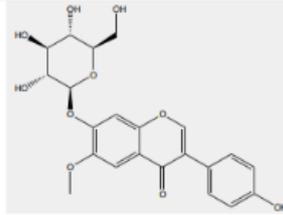
daidzin



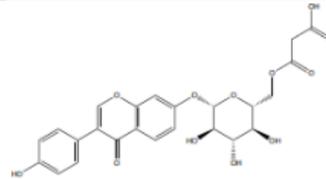
genistin



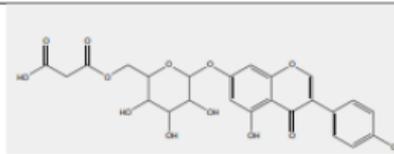
glycitin



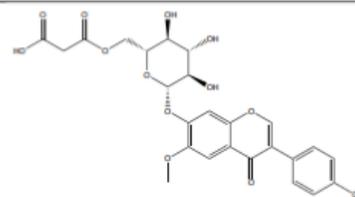
malonyl daidzin



malonyl genistin



malonyl glycitin



Gambar 4. Isomer isoflavon: daidzein, genistein, glycitein, daidzin, genistin, glycitin, malonyl daidzin, malonyl genistin, malonyl glycitin

Berdasarkan struktur kimia isoflavon mirip dengan hormon estrogen (17β estradiol), maka keberadaan isoflavon dalam tubuh dapat bertindak sebagai hormon estrogen. Aktivitas isoflavon dalam tubuh dapat berlaku seperti aktivitas hormon estrogen itu sendiri. Isoflavon dapat meningkatkan atau mengurangi aktivitas hormon estrogen (Barnes, 2010). Kemiripan struktur kimia isoflavon seperti estrogen, menyebabkan isoflavon dapat menduduki reseptor estrogen, sehingga perilaku isoflavon juga mirip estrogen. Sifat dan perilaku isoflavon sering dikatakan bahwa isoflavon sebagai senyawa *estrogen like*, yang mempunyai kinerja dengan cara meniru kinerja hormon estrogen. Berdasarkan sifat isoflavon dalam tubuh, maka keberadaan isoflavon dapat dimanfaatkan oleh tubuh itu sendiri untuk mengatasi permasalahan kesehatan (Uifålean dkk., 2016).

Isoflavon dapat berkompetisi dengan estrogen dalam tubuh untuk menduduki reseptor estrogen yang sama, sehingga mengurangi risiko terhadap adanya kelebihan estrogen (Morito *dkk.*, 2001; Morito *dkk.*, 2002). Adanya cincin fenolat yang dimiliki isoflavon, maka isoflavon dapat berikatan dengan reseptor estrogen. Keberadaan isoflavon dalam tubuh juga dapat meningkatkan aktivitas estrogen itu sendiri. Kondisi menopause (estrogen dalam tubuh kurang), maka isoflavon dapat berikatan dengan reseptor estrogen, sehingga isoflavon dapat bertindak layaknya hormon estrogen, sehingga gejala-gejala menopause dapat dikurangi. Kondisi kurangnya isoflavon tidak hanya terjadi pada saat menopause saja, tetapi juga beberapa penyakit estrogenik lainnya. Berdasarkan sifat dan karakter isoflavon, maka isoflavon sering digunakan sebagai bahan terapi estrogenik.

Isoflavon merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang banyak diteliti terutama isoflavon yang berasal dari berbagai tumbuhan Leguminoceae, salah satunya kedelai. Kedelai dan produk olahannya telah mendominasi sebagai subjek penelitian yang telah mendunia. Berbagai produk makanan olahan kedelai telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan terapi estrogenik. Berdasarkan hal tersebut, apabila pembahasan tentang isoflavon, masyarakat mengkorelasikannya dengan kedelai, demikian sebaliknya. Kedelai dan produk-produk olahannya, menjadi topik utama dalam pembahasan beberapa bahan pangan dan produk olahannya juga telah banyak diteliti tentang kandungan isoflavon.

Pengembangan Leguminoceae Lokal

Masyarakat mengenal tumbuhan Leguminoceae/legume sebagai tumbuhan kacang-kacangan atau polong-polongan antara lain kacang kedelai, kacang hijau, kacang tanah, kacang merah, kacang tunggak dan kacang gude (Primiani, 2018). Berbagai tumbuhan legume masih banyak yang tumbuh baik di lingkungan sekitar yaitu buncis, kacang panjang, kacang kapri, bengkuang, dan sebagainya. Salah satu tumbuhan legum yang sangat dikenal masyarakat adalah kedelai. Kedelai menjadi kebutuhan bahan pangan utama/pokok di samping beras (Ariani, 2015; Rusdiana & Maesya, 2017). Kedelai menjadi prioritas yang terus meningkat, hal ini dapat menyebabkan peningkatan pemenuhan produktivitas kedelai (Pratama & Sahaya, 2014).

Banyak produk olahan berbahan dasar kedelai telah dikembangkan masyarakat. Pembudidayaan kedelai banyak dikembangkan, sehingga kedelai lokal banyak mengalami pembudayaan. Saat ini banyak ditemukan di pasaran berbagai produk pembudayaan kedelai. Kedelai sebagai sumber

pangan fungsional telah menjadi produk unggulan pada masyarakat global. Pengembangan produk kedelai di Indonesia sebagai produk tahu dan tempe dengan berbagai variasinya sebagai bahan pangan (Krisnawati, 2017).

Diversifikasi pangan khususnya keragaman tumbuhan Leguminoceae perlu disebarluaskan dan dikembangkan untuk masyarakat, sehingga tidak terus menerus bergantung pada kedelai saja. Kacang-kacangan lainnya selain kedelai di Indonesia masih belum optimal dimanfaatkan. Pengenalan tumbuhan legume kepada masyarakat tidak hanya kedelai, sehingga Leguminoceae lokal dapat berkembang di era global. Masyarakat semakin lama semakin tidak mengenal tumbuhan kacang-kacangan lain selain kedelai, apabila kondisi tersebut tidak ada solusinya, maka tumbuhan kacang-kacangan lainnya semakin lama dapat semakin hilang dan punah (Arsyad & Sembiring, 2003; Matiru & Dakora, 2005; Haliza *dkk.*, 2016). Masyarakat perlu diberikan pengetahuan secara luas, agar memanfaatkan berbagai kacang-kacangan dan tidak bergantung pada kedelai. Diperlukan juga pengetahuan pengolahan berbagai produk kacang-kacangan menjadi beragam bahan makanan olahan yang sehat, murah dan tidak mengandung bahan kimia.

Pemanfaatan Hasil Penelitian sebagai Sumber Belajar

Keberagaman Leguminoceae yang dapat tumbuh baik di lingkungan sekitar, masyarakat belum memanfaatkannya secara optimal. Diperlukan upaya edukasi, sehingga manfaat Leguminoceae dapat dikenal lebih luas, sebagai pangan fungsional dan kesehatan. Upaya edukasi dapat dilakukan melalui pembelajaran berbasis penelitian (*discovery inquiry*). Proses pembelajaran memerlukan sebuah sumber belajar, agar pembelajaran menjadi lebih bermakna (Supriadi, 2017). Pembelajaran mandiri diarahkan pada pembelajaran secara inovasi, sehingga mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pengalaman belajar secara mandiri melalui pembelajaran berbasis penelitian (*discovery inquiry*) dapat dibudayakan, sehingga mampu melatih membangun konsep berpikir (Listiyani, 2016; Ahmatika, 2016; Banawi, 2019).

Belajar dengan *discovery inquiry* dapat mengembangkan pengalaman untuk menemukan pengalaman belajar secara mandiri, membangun konsep berpikir kritis, kreatif, konsep berpikir divergen dalam pemecahan, memudahkan konsep berpikir abstrak (Hooser, & Sabella, 2018; Perdana *dkk.*, 2018; Constantinou *dkk.*, 2018). Konsep-konsep dalam proses pembelajaran *discovery inquiry* merupakan proses pembelajaran yang dilakukan secara holistik (Naude *dkk.*, 2014). Pembelajaran dengan

pendekatan penemuan dapat memotivasi terbentuknya pola berpikir secara komprehensif (Todd, 2015).

Pembelajaran *discovery inquiry* merupakan konsep pembelajaran dengan menekankan pada proses pemecahan masalah (Hall, 2016). Konsep pembelajaran ini merupakan konsep pembelajaran penemuan dalam memecahkan masalah. Kegiatan pembelajaran diarahkan pada konsep penelitian. Kegiatan pembelajaran penemuan/penelitian berdasarkan konsep metode ilmiah, dimulai dari: 1) merumuskan masalah, 2) menyusun hipotesis, 3) melakukan penelitian, 4) menganalisis data, dan 5) menetapkan kesimpulan. Pembelajaran dengan pendekatan penelitian merupakan pembelajaran yang membangun budaya peneliti dan mengembangkan sikap ilmiah (Sihombing, 2019; Akuba *dkk.*, 2020).

Pengembangan sikap ilmiah yang perlu dibangun dalam pembelajaran pendekatan penemuan/penelitian adalah penekanan nilai-nilai kejujuran dan mengapresiasi nilai-nilai kearifan lokal. Potensi dan nilai-nilai kearifan lokal dapat diintegrasikan dalam pembelajaran pendekatan/berbasis penemuan. Hasil-hasil penelitian berbasis potensi kearifan lokal dapat dikembangkan sebagai sumber belajar (Rusmana *dkk.*, 2019). Berbagai hasil penelitian berbasis potensi kearifan lokal digunakan sebagai sumber belajar (Jayanti *dkk.*, 2020; Zukmadini *dkk.*, 2020). Hasil-hasil penelitian digunakan sebagai sumber belajar, sehingga kegiatan pembelajaran menjadi kontekstual menggunakan sumber belajar dari lingkungan sekitar.

Kegiatan pembelajaran berbasis penelitian keberagaman tumbuhan Leguminoceae dapat dilakukan dengan observasi keanekaragaman hayati tumbuhan legume. Observasi dapat dilakukan terhadap morfologi, taksonomi tumbuhan legume. Pembelajaran berbasis penelitian dengan pendekatan eksperimen di laboratorium untuk menganalisis keragaman senyawa metabolit sekunder tumbuhan legume. Data hasil penelitian tumbuhan legume dapat digunakan sebagai sumber belajar. Tumbuhan legume serta produk olahan pangan legume dapat digunakan sebagai sumber belajar. Berbagai biji legume dapat diolah menjadi produk teknologi pangan seperti susu, biskuit, kosmetik, dan masih banyak produk olahan lainnya. Pengenalan legume beserta produk olahannya dalam kegiatan pembelajaran merupakan sarana edukasi pengenalan tumbuhan legume. Kegiatan edukasi tumbuhan lokal sebagai salah satu apresiasi terhadap warisan budaya.

Daftar Pustaka

- Ahmatika, D. (2016). Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dengan pendekatan inquiry/discovery. *Euclid*, 3(1).
- Akram, N. A., Shafiq, F., & Ashraf, M. (2018). Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A prospective legume crop to offer multiple health benefits under changing climate. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(5), 1325-1338.
- Akuba, S. F., Purnamasari, D., & Firdaus, R. (2020). Pengaruh Kemampuan Penalaran, Efikasi Diri dan Kemampuan Memecahkan Masalah Terhadap Penguasaan Konsep Matematika. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 4(1), 44-60.
- Annor, G. A., Ma, Z., & Boye, J. I. (2014). Crops-legumes. *Food Processing: Principles and Applications: Second Edition*.
- Ariani, M. (2015). Dinamika Konsumsi Beras, Jagung dan Kedelai Mendukung Swasembada Pangan. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*.
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1), 21-29.
- Arsyad, D. M., & Sembiring, H. (2003). Pengembangan tanaman kacang-kacangan di Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(1), 9.
- Banawi, A. (2019). Implementasi Pendekatan Saintifik Pada Sintaks Discovery/Inquiry Learning, Based Learning, Project Based Learning. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(1), 90-100.
- Barnes, S. (2010). The biochemistry, chemistry and physiology of the isoflavones in soybeans and their food products. *Lymphatic research and biology*, 8(1), 89-98.
- Barreira, J. C., Visnevschi-Necrasov, T., Pereira, G., Nunes, E., & Oliveira, M. B. P. (2017). Phytochemical profiling of underexploited Fabaceae species: insights on the ontogenic and phylogenetic effects over isoflavone levels. *Food Research International*, 100, 517-523.
- Becerra-Tomás, N., Papandreou, C., & Salas-Salvadó, J. (2019). Legume consumption and cardiometabolic health. *Advances in Nutrition*, 10(Supplement_4), S437-S450.
- Bolca, S., Wyns, C., Possemiers, S., Depypere, H., De Keukeleire, D., Bracke, M., ... & Heyerick, A. (2009). Cosupplementation of isoflavones, prenylflavonoids, and lignans alters human exposure to phytoestrogen-derived 17 β -estradiol equivalents. *The Journal of nutrition*, 139(12), 2293-2300.
- Brown, N. M., & Setchell, K. D. (2001). Animal models impacted by phytoestrogens in commercial chow: implications for pathways influenced by hormones. *Laboratory investigation*, 81(5), 735-747.
- Cai, D. J., Zhao, Y., Glasier, J., Cullen, D., Barnes, S., Turner, C. H., ... & Weaver, C. M. (2005). Comparative effect of soy protein, soy isoflavones, and 17 β -estradiol on bone metabolism in adult

- ovariectomized rats. *Journal of Bone and Mineral Research*, 20(5), 828-839.
- Carbonel, A. A. F., Lima, P. D. A., Lim, J. J., Fuchs, L. F. P., Paiotti, A. P. R., Sasso, G. R. D. S., ... & Simoes, M. D. J. (2018). The effects of soybean isoflavones and 17 β -estradiol in uterus and mammary glands of diabetic rat models. *Gynecological Endocrinology*, 34(4), 314-319.
- Chen, M. N., Lin, C. C., & Liu, C. F. (2015). Efficacy of phytoestrogens for menopausal symptoms: a meta-analysis and systematic review. *Climacteric*, 18(2), 260-269.
- Constantinou, C. P., Tsvitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning?. In *Professional development for inquiry-based science teaching and learning* (pp. 1-23). Springer, Cham.
- del Socorro López-Cortez, M., Rosales-Martínez, P., Arellano-Cárdenas, S., & Cornejo-Mazón, M. (2016). Antioxidants properties and effect of processing methods on bioactive compounds of legumes. *IntechOpen Ltd.: London, UK*, 103-126.
- Diniyah, N., & Lee, S. H. (2020). Komposisi Senyawa Fenol dan Potensi Antioksidan dari Kacang-Kacangan. *Jurnal Agroteknologi*, 14(01), 91-102.
- Foudah, A. I., & Abdel-Kader, M. S. (2017). Isoflavonoids. In *Flavonoids-From Biosynthesis to Human Health*. IntechOpen.
- Gil-Izquierdo, A., L Penalvo, J., I Gil, J., Medina, S., N Horcajada, M., Lafay, S., ... & Ferreres, F. (2012). Soy isoflavones and cardiovascular disease epidemiological, clinical and-omics perspectives. *Current pharmaceutical biotechnology*, 13(5), 624-631.
- Haliza, W., Purwani, E. Y., & Thahir, R. (2016). Pemanfaatan kacang-kacangan lokal sebagai substitusi bahan baku tempe dan tahu. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 3(1), 1-8.
- Hall, C. L. (2016). Science as process in the biology classroom: using insects as teaching models. *American Entomologist*, 62(2), 110-111.
- Hooser, A., & Sabella, L. (2018). Inquiry, Discovery, and the Complexities of Teaching: Learning from the Research of Practitioners. *Journal of Practitioner Research*, 3(1), 1.
- Jayanti, U. N. A. D., Susilo, H., & Suarsini, E. (2020). Modul Inkuiri Berbasis Potensi dan Kearifan Lokal pada Materi Biologi: Sebuah Penelitian Pengembangan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(9), 1265-1276.
- Jiang, F., J Husband, A., & J Disting, G. (2009). Isoflavone Metabolites Cis- and Trans-Tetrahydrodaidzein Improve Plasma Lipid Profile in Apolipoprotein (E)-Deficient Mice. *The Open Complementary Medicine Journal*, 1(1).

- Jimoh, M. A., Idris, O. A., & Jimoh, M. O. (2020). Cytotoxicity, phytochemical, antiparasitic screening, and antioxidant activities of *Mucuna pruriens* (Fabaceae). *Plants*, 9(9), 1249.
- Kim, M. H., Han, J. H., & Kim, S. U. (2008). Isoflavone daidzein: chemistry and bacterial metabolism. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 51(6), 253-261.
- Ko, K. P. (2014). Isoflavones: chemistry, analysis, functions and effects on health and cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(17), 7001-7010.
- Krisnawati, A. (2017). Kedelai sebagai sumber pangan fungsional soybean as source of functional food. *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1), 57-65.
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. (2019). Isoflavones. *Molecules*, 24(6), 1076.
- Listiyani, F. R. (2016). *Penerapan pendekatan discovery learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada tema selalu berhemat energi subtema macam-macam sumber energi* (Doctoral dissertation, FKIP UNPAS).
- Masson-Boivin, C., & Sachs, J. L. (2018). Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia—the roots of a success story. *Current Opinion in Plant Biology*, 44, 7-15.
- Matiru, V. N., & Dakora, F. D. (2005). The rhizosphere signal molecule lumichrome alters seedling development in both legumes and cereals. *New phytologist*, 166(2), 439-444.
- Meitasari, A. D., & Wicaksono, K. P. (2018). Inokulasi rhizobium dan keseimbangan nitrogen pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) varietas willis. *Plantropica: Journal of Agricultural Science*, 2(1), 55-63.
- Möller, F. J., Pemp, D., Soukup, S. T., Wende, K., Zhang, X., Zierau, O., ... & Vollmer, G. (2016). Soy isoflavone exposure through all life stages accelerates 17 β -estradiol-induced mammary tumor onset and growth, yet reduces tumor burden, in ACI rats. *Archives of toxicology*, 90(8), 1907-1916.
- Morito, K., Aomori, T., Hirose, T., Kinjo, J., Hasegawa, J., Ogawa, S., ... & Masamune, Y. (2002). Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors α and β (II). *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(1), 48-52.
- Morito, K., Hirose, T., Kinjo, J., HIRAKAWA, T., OKAWA, M., NOHARA, T., ... & MASAMUNE, Y. (2001). Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors α and β . *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 24(4), 351-356.
- Naude, L., van den Bergh, T. J., & Kruger, I. S. (2014). "Learning to like learning": An appreciative inquiry into emotions in education. *Social Psychology of Education*, 17(2), 211-228.

- Nikolić, I. L., Savić-Gajić, I. M., Tačić, A. D., & Savić, I. M. (2017). Classification and biological activity of phytoestrogens: A review. *Advanced technologies*, 6(2), 96-106.
- Nurrochmad, A., Leviana, F., Wulancarsari, C. G., & Lukitaningsih, E. (2010). Phytoestrogens of *Pachyrhizus erosus* prevent bone loss in an ovariectomized rat model of osteoporosis. *International Journal of Phytomedicine*, 2(4).
- Oke, V., & Long, S. R. (1999). Bacterial genes induced within the nodule during the *Rhizobium*–legume symbiosis. *Molecular microbiology*, 32(4), 837-849.
- Onrizal, O., Ismail, I., Perbatakusuma, E. A., Sudjito, H., Supriatna, J., & Wijayanto, I. H. (2017). Struktur Vegetasi dan Simpanan Karbon Hutan Hujan Tropika Primer DI Batang Toru, Sumatra Utara. *Jurnal Biologi Indonesia*, 5(2).
- Pabich, M., & Materska, M. (2019). Biological effect of soy isoflavones in the prevention of civilization diseases. *Nutrients*, 11(7), 1660.
- Perdana, R., Budiyo, Sajidan, & Sukarmin. (2018, September). Inquiry laboratory: An appropriate learning model for teaching salt hydrolysis in chemistry. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1, p. 020069). AIP Publishing LLC.
- Pina-Pérez, M. C., & Pérez, M. F. (2018). Antimicrobial potential of legume extracts against foodborne pathogens: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 114-124.
- Pratama, B. R., & Sahaya, H. N. (2014). Strategi pengembangan usahatani kedelai untuk mewujudkan ketahanan pangan Indonesia. *JEJAK: Jurnal Ekonomi dan Kebijakan*, 7(2).
- Pratiwi, D. D., Komarayanti, S., & Prafitasari, A. N. (2018). Keanekaragaman kacang-kacangan di kabupaten jember. *Bioma: Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 3(2).
- Primiani, C. N. (2018). *Fitoestrogen kacang gude:(kajian preklinis)*. CV. AE MEDIA GRAFIKA.
- Primiani, C. N., Widiyanto, J., Rahmawati, W., & Chandrakirana, G. (2018). Profil Isoflavon Sebagai Fitoestrogen pada Berbagai Leguminoceae Lokal. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 15, No. 1, pp. 704-708).
- Rahman, A. H. M. M., & Parvin, M. I. A. (2014). Study of medicinal uses on Fabaceae family at Rajshahi, Bangladesh. *Research in Plant Sciences*, 2(1), 6-8.
- Rauf, A., Pawitan, H., June, T., Kusmana, C., & Gravenhorst, G. (2009). Intersepsi hujan dan pengaruhnya terhadap pemindahan energi dan massa pada hutan tropika basah” studi kasus taman nasional Lore Lindu”. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 15(3).

- Refwallu, M. L., & Sahertian, D. E. (2020). Identifikasi tanaman kacang-kacangan (Papilionaceae) yang ditanam di pulau larat kabupaten kepulauan tanimbar. *Biofaal Journal*, 1(2), 66-73.
- Rusdiana, S., & Maesya, A. (2017). Pertumbuhan ekonomi dan kebutuhan pangan di Indonesia. *Agriekonomika*, 6(1), 12-25.
- Rusmana, J., Ramdiah, S., & Prayitno, B. (2019, December). Pengembangan booklet sebagai sumber belajar biologi melalui nilai-nilai kearifan lokal dalam pembuatan bakul purun. In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 4, No. 3, pp. 603-607).
- Sari, R., & Prayudyaningsih, R. (2015). Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Buletin Eboni*, 12(1), 51-64.
- Shi, Y., Mandal, R., Singh, A., & Pratap Singh, A. (2020). Legume lipoxygenase: Strategies for application in food industry. *Legume Science*, 2(3), e44.
- Sihombing, J. H. (2019). *Pengembangan lembar kerja peserta didik (lkpd) berbasis inkuiri terbimbing (guided inquiry) pada materi sistem ekskresi* (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Sivoňová, M. K., Kaplán, P., Tatarková, Z., Lichardusová, L., Dušenka, R., & Jurečková, J. (2019). Androgen receptor and soy isoflavones in prostate cancer. *Molecular and clinical oncology*, 10(2), 191-204.
- Supriadi, S. (2017). Pemanfaatan Sumber Belajar Dalam Proses Pembelajaran. *Lantanida Journal*, 3(2), 127-139.
- Szeja, W., Gryniewicz, G., & Rusin, A. (2017). Isoflavones, their glycosides and glycoconjugates. Synthesis and biological activity. *Current organic chemistry*, 21(3), 218-235.
- Todd, R. J. (2015). Evidence-Based Practice and School Libraries: Interconnections of Evidence, Advocacy, and Actions. *Knowledge Quest*, 43(3), 8-15.
- Uifălean, A., Schneider, S., Ionescu, C., Lalk, M., & Iuga, C. A. (2016). Soy isoflavones and breast cancer cell lines: molecular mechanisms and future perspectives. *Molecules*, 21(1), 13.
- Wang, T. Y., Li, Q., & Bi, K. S. (2018). Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(1), 12-23.
- Wiharto, M. (2015). Kawasan tropis pegunungan sebagai kawasan rawan bencana dengan nilai ekologi tinggi dan upaya pelestariannya. *bionature*, 16(1).
- Wiseman, H., Casey, K., Clarke, D. B., Barnes, K. A., & Bowey, E. (2002). Isoflavone aglycon and glucoconjugate content of high-and low-soy UK foods used in nutritional studies. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(6), 1404-1410.
- Zheng, X., Lee, S. K., & Chun, O. K. (2016). Soy isoflavones and osteoporotic bone loss: a review with an emphasis on modulation of bone remodeling. *Journal of medicinal food*, 19(1), 1-14.

Zukmadini, A. Y., Kasrina, K., Jumiarni, D., & Rochman, S. (2020). Pocketbook based on local wisdom and its effectivity in improving students' knowledge on the utilization of traditional medicine plants. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 59-74.

Senyawa isoflavon ...

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	jurnal.uns.ac.id Internet Source	4%
2	prosiding.unipma.ac.id Internet Source	1%
3	journal.unnes.ac.id Internet Source	1%
4	haerulbahri11.blogspot.com Internet Source	1%
5	prosiding.upgris.ac.id Internet Source	1%
6	richofrans.blogspot.com Internet Source	1%
7	www.online-journal.unja.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 20 words

Exclude bibliography On