

Alelopati Gulma: Pelepasan Alelokimia dan Kerugiannya terhadap Tanaman Budidaya

Weed Allelopathy: Release of Allelochemicals and Their Impact on Crops

Bayu Widhayasa*

*UPIPTD Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Timur, Jalan Pangeran Muhammad Noor, Sempaja Selatan - Samarinda 75119
Email: bwidhayasa@gmail.com

* corresponding author

INFO ARTIKEL

ABSTRACT / ABSTRAK

Sejarah Artikel

Dikirim:

14 Agustus 2023

Diterima:

14 Agustus 2023

Terbit:

25 Agustus 2023

Gulma adalah kelompok tumbuhan yang berasosiasi dengan tanaman budidaya dan mengakibatkan kerugian ekonomi. Gulma mengganggu tanaman karena terjadinya persaingan dan alelopati. Ulasan ini bertujuan untuk menjelaskan potensi gulma yang mengandung alelokimia, cara pelepasan alelokimia dan dampak merugikannya terhadap perkecambahan, pertumbuhan, perkembangan, perubahan dalam proses fisiologis dan hasil panen tanaman. Data dihimpun melalui penelusuran repositori jurnal digital, kemudian dilakukan analisis secara deskriptif. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh gulma dikenal sebagai alelokimia, meliputi fenolik, alkaloid, asam lemak, indol, terpenoid, dan lain-lain. Namun, fenolik adalah kelas alelokimia yang dominan. Mekanisme pelepasan alelokimia dari gulma terjadi melalui pencucian dari daun atau bagian tanaman lainnya, dekomposisi sisa tanaman, penguapan dan eksudasi akar. Gulma meninggalkan residunya dalam jumlah besar di lapangan dan berdampak terhadap tanaman budidaya. Pelepasan alelokimia dari gulma menghambat perkecambahan benih, pembentukan tunas, pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta menurunkan hasil panen. Pada intinya, alelopati gulma merupakan ancaman potensial bagi tanaman budidaya dan menyebabkan kerugian ekonomi.

Weeds are a group of plants associated with crops and cause economic losses. They interfere with crops through competition and allelopathy. This review aims to explain the potential of weeds containing allelochemicals, the mode of release of allelochemicals and their detrimental impact on germination, growth, development, changes in physiological processes and crop yields. Data was collected through searching the digital journal repository, then analyzed descriptively. Secondary metabolites produced by weeds are known as allelochemicals, including phenolics, alkaloids, fatty acids, indol, terpenoids, and others. However, phenolics are the dominant allelochemical class. The mechanism of allelochemical release from weeds occurs through leaching from leaves or other plant parts, decomposition of plant residues, volatilization, and exudation of roots. Weeds leave massive residues in the field and affect crops. Released allelochemicals from weeds inhibit seed germination, stand establishment, growth, and development, and reduce crop yields. In conclusion, weeds allelopathy potential to constraint the crops growth and development as well as causes the economic losses.

This is an open access article under the CC-BY license.



Kata Kunci: Alelokimia, Hasil panen, Pertumbuhan, Perkembangan, Penghambatan
Keywords: Allelochemical, Crop yield, Growth, Development, Inhibition

1. Pendahuluan

Gulma berasosiasi dengan banyak tanaman budidaya dan menjadi salah satu ancaman utama produksi pertanian pada berbagai sistem tanam (Lalbiak *et al.*, 2022; Siddique & Ismail, 2013). Kerugian yang disebabkan gulma bahkan diperkirakan lebih banyak dibanding yang disebabkan oleh serangan hama dan penyakit (Chauhan, 2020). Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa gulma dapat mengakibatkan penurunan hasil gandum 19,5 – 23,5% (Flessner *et al.*, 2021), penurunan hasil padi 15 - 68% (Islam *et al.*, 2021), penurunan hasil jagung 14,5 – 40,9% (Eo & Jo, 2017) dan penurunan hasil tebu 27 - 38% (Waghmare *et al.*, 2018), tergantung pada kerapatan gulma, jenis gulma, durasi persaingan, praktek budidaya dan kondisi cuaca. Gulma mengakibatkan penurunan

pertumbuhan dan hasil tanaman dengan mengganggu berbagai proses metabolisme (Jabran *et al.*, 2015). Gangguan gulma terhadap tanaman terjadi karena kompetisi dan/atau alelopati.

Alelopati adalah proses dimana metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman donor lalu mempengaruhi proses fisiologis tanaman reseptor, baik dampak positif ataupun negatif (Ma *et al.*, 2014; Negi *et al.*, 2020). Kejadian alelopati pada tanaman telah didokumentasikan sejak zaman kuno. Tulisan paling primitif tentang alelopati dibuat oleh Theophrastus (300 SM) yang mendeteksi dampak merugikan kubis terhadap pertumbuhan tanaman anggur dan menyatakan bahwa dampak tersebut terjadi karena bau dari tanaman kubis (Amb & Ahluwalia, 2016; Khamare *et al.*, 2022; Sangeetha & Baskar, 2015). Istilah alelopati diciptakan oleh ahli fisiologi tumbuhan Jerman bernama Hans Molisch pada 1937, berasal dari kata Yunani "*allelon*" yang berarti "satu sama lain", sedangkan "*pathos*" berarti "menderita". Metabolit sekunder yang dilepaskan tanaman donor dan berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan tanaman reseptor sekitarnya disebut alelokimia (Scavo *et al.*, 2019). Pada sistem tanaman, alelokimia ditemukan pada berbagai organ tanaman meliputi daun, buah, bunga, polen, akar dan batang. Alelokimia berinteraksi dan mempengaruhi fungsi respirasi, fotosintesis, keseimbangan air, fungsi stomata, permeabilitas dinding sel, pembelahan dan perkembangan sel, sintesis protein dan aktivitas enzim (Bachheti *et al.*, 2020). Kejadian alelopati gulma biasanya mengakibatkan perkecambahan benih dan pertumbuhan tanaman budidaya terhambat karena terganggunya berbagai fungsi fisiologis yang terjadi pada tanaman (Cheng & Cheng, 2015; Farooq *et al.*, 2014; Khanh *et al.*, 2013).

Meski alelopati bisa berdampak positif ataupun negatif, namun banyak ahli ekologi cenderung menganggap alelopati hanya punya dampak negatif dari tanaman donor kepada tanaman di sekitarnya dalam bentuk penghambatan pertumbuhan akibat lepasnya alelokimia (Bhadoria, 2010). Perkembangan terkini, ulasan khusus yang menekankan pada dampak alelopati gulma yang merugikan terhadap tanaman budidaya masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut, ulasan ini bertujuan untuk menjelaskan potensi gulma yang mengandung alelokimia, mekanisme pelepasannya dan dampak merugikannya terhadap perkecambahan, pertumbuhan, perkembangan, perubahan dalam proses fisiologis dan hasil panen tanaman.

2. Kandungan Alelokimia pada Gulma

Sebagian besar alelokimia yang berasal dari gulma dan berpengaruh terhadap tanaman budidaya telah ditemukan dan diidentifikasi. Alelokimia tersebut juga telah diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas berdasarkan sifatnya. Secara umum, sebagian besar kandungan alelokimia pada gulma adalah fenolik, terpenoid, alkaloid, asam lemak, indol, saponin, glikosida, flavonoid, tanin dan steroid. Beragam jenis alelokimia juga telah ditemukan dari berbagai spesies gulma (Tabel 1).

Tabel 1. Penelitian terkini kandungan alelokimia pada gulma utama tanaman budidaya

Nama ilmiah	Nama lokal	Alelokimia	Referensi
<i>Ageratum conyzoides</i>	Babandotan	Alkaloid, terpenoid	Nandi <i>et al.</i> (2020)
<i>Alternanthera sessilis</i>	Kremah	Flavonoid, steroid, saponin, alkaloid, triterpenoid, glikosida, fenolik	Singla <i>et al.</i> (2022)
<i>Amaranthus spinosus</i>	Bayam duri	Fenolik, flavonoid, terpenoid, alkaloid, glikosida	Jhade <i>et al.</i> (2011); Sarker & Oba (2019)
<i>Asystasia gangetica</i>	Ara sungsang	Steroid, fenolik, flavonoid, saponin, tanin	Narayanan & Jeeva (2012)
<i>Chromolaena odorata</i>	Kirinyu	Flavonoid, alkaloid, tanin, steroid, asam lemak, terpenoid	Wahida <i>et al.</i> (2014); Laxman <i>et al.</i> (2019)
<i>Commelina diffusa</i>	Brambangan	Steroid, alkaloid, fenolik, tanin, saponin, asam lemak, fitosteroid, flavonoid	Malarvizhi <i>et al.</i> (2019); Nasrin <i>et al.</i> (2019)
<i>Cynodon dactylon</i>	Grintingan	Flavonoid, alkaloid, glikosida, terpenoid, steroid, saponin, tanin, hidrokuinon, asa lemak	Mozafari <i>et al.</i> (2018); Savadi <i>et al.</i> (2020)

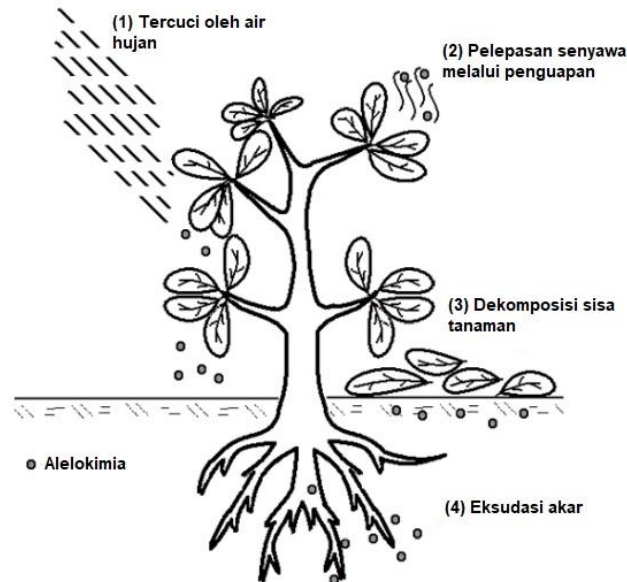
Tabel 1. Lanjutan....

Nama ilmiah	Nama lokal	Alelokimia	Referensi
<i>Cyperus rotundus</i>	Teki	Fenolik, alkaloid, flavonoid, tanin, triterpenoid	Mahmoud (2016); Ngoc & Minh (2021)
<i>Digitaria</i> spp.	Jalamparan	Alkaloid, terpenoid, flavonoid, fenolik, tanin	Kanupriya <i>et al.</i> (2021)
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Jajagoan	Steroid, terpenoid, asam sinamat, asam ferulat, asam lemak	Khanh <i>et al.</i> (2019)
<i>Eclipta alba</i>	Urang-aring	Fenolik, flavonoid, triterpenoid, steroid, saponin	Timalsina & Devkota (2021)
<i>Eleusine indica</i>	Lulangan	Fenolik, kumarin, triterpenoid, steroid, asam lemak, tanin, flavonoid, alkaloid	Ettebong <i>et al.</i> (2020)
<i>Fimbristylis</i> spp.	Tumbaran	Saponin, terpenoid, fenolik, flavonoid, triterpenoid, alkaloid	Ramli <i>et al.</i> (2022)
<i>Imperata cylindrica</i>	Alang-alang	Asam lemak, terpenoid, fenolat sederhana, asam benzoat, fenolik, aldehida fenolik, fenilpropanoid, flavonoid, kuinon, alkaloid	Hagan <i>et al.</i> (2013); Kato-Noguchi (2022)
<i>Ludwigia adscendens</i>	Krangkoang	Flavonoid, saponin, triterpenoid, steroid, saponin	Shilpi <i>et al.</i> (2010); Baky <i>et al.</i> (2022)
<i>Mimosa pudica</i>	Putri malu	Alkaloid, flavonoid, indola, terpenoid, saponin, steroid, glikosida, fenolik	Rizwan <i>et al.</i> (2022)
<i>Paspalum conjugatum</i>	Rumput kerbau	Flavonoid, steroid, tanin, triterpenoid, saponin, glikosida, alkaloid	Garduque <i>et al.</i> (2019)
<i>Portulaca oleracea</i>	Rumput pahit	Flavonoid, alkaloid, asam lemak, terpenoid	Zhou <i>et al.</i> (2015); Kumar <i>et al.</i> (2022)

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa senyawa fenolik, flavanoid, alkaloid, terpenoid, tanin, saponin, asam lemak dan asam indol paling banyak ditemukan pada berbagai spesies gulma. Penelitian terdahulu juga menyebutkan bahwa golongan alelokimia tersebut merupakan yang paling umum ditemukan pada berbagai tanaman (Bachheti *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2010). Gulma menghasilkan alelokimia dalam jumlah besar yang mempengaruhi tanaman budidaya di sekitarnya. Kato-Noguchi (2022) mencatat bahwa alang-alang (*Imperata cylindrica*) memberikan efek penghambatan pada padi, timun, sawi, terung, tomat, kacang hijau, buncis dan bayam. Ekstrak air alang-alang yang diamati mengandung asam lemak, terpenoid, fenolat sederhana, asam benzoat, asam fenolik, aldehida fenolik, fenilpropanoid, flavonoid, kuinon dan alkaloid, yang diketahui berdasarkan hasil analisis kromatografi. Mahmoud (2016) melaporkan bahwa kandungan asam fenolik pada ekstrak air rumput teki (*Cyperus rotundus*) merupakan penyebab penghambatan perkecambahan dan pertumbuhan benih okra, pare, tomat dan bawang merah. Khanh *et al.* (2019) menemukan bahwa rumput jajagoan (*Echinochloa crus-galli*) yang sering tumbuh di sawah mengandung 18 senyawa tergolong kelompok terpenoid, asam sinamat, asam ferulat, asam lemak dan steroid yang jika lepas ke tanah akan berdampak pada fisiologi padi. Wahida *et al.* (2014) melaporkan bahwa ekstrak air dari daun dan akar kirinyu (*Chromolaena odorata*) yang mengandung flavonoid, alkaloid, tanin, steroid, dan terpenoid menghasilkan persentase perkecambahan dan pertumbuhan yang rendah pada benih kacang hijau.

3. Mekanisme Pelepasan Alelokimia

Kejadian lepasnya alelokimia dari gulma bisa melalui beragam mekanisme, tergantung pada spesies gulma dan juga kondisi lingkungan (Farooq *et al.*, 2014; Scavo & Mauromicale, 2021). Pada umumnya alelokimia lepas ke lingkungan melalui pencucian dari daun atau bagian tanaman lainnya, dekomposisi sisa tanaman, penguapan dan eksudasi akar (Gambar 1).



Gambar 1. Mekanisme pelepasan alelokimia dari tumbuhan ke lingkungan. Ilustrasi dimodifikasi dari Sangeetha & Baskar (2015)

3.1. Pencucian

Alelokimia yang mudah larut seperti fenolat, alkaloid dan terpenoid dilepaskan dari berbagai organ tanaman dalam bentuk lindi dan mempengaruhi perkecambahan dan pertumbuhan tanaman reseptor (Scavo *et al.*, 2019). Lindi tersebut bisa menekan perkecambahan benih, pertumbuhan dan perkembangan vegetatif tanaman budidaya (Cheng & Cheng, 2015). Laxman *et al.* (2019) telah mengkaji pengaruh lindi daun kirinyu terhadap pohon siwak (*Salvadora persica*) dan terungkap bahwa lindi memberikan dampak penghambatan terhadap pertumbuhan siwak. Shankar *et al.* (2014) melaporkan bahwa lindi daun jati putih (*Gmelina arborea*) memberikan efek penghambatan terhadap perkecambahan benih kacang arab (*Cicer arietinum*). Lindi daun rumput jajagoan juga secara signifikan mengurangi perkecambahan benih dan pertumbuhan tunas padi yang ditanam di media yang berbeda yaitu, tanah, kertas saring dan tanah ditambah arang (Swain *et al.*, 2012).

3.2. Dekomposisi

Sebagian besar alelokimia terakumulasi di tanah karena terjadinya dekomposisi sisa tanaman dan berpengaruh terhadap tanaman reseptor (Adiputra, 2022). Alelokimia lepas secara langsung atau oleh aktivitas mikroba dari residu tanaman. Pada kondisi lapangan, pelepasan alelokimia sebagian besar terjadi dari residu yang membusuk (Scavo *et al.*, 2019). Alelokimia yang terakumulasi di dalam tanah melalui pelepasan dari dekomposisi sisa-sisa tanaman juga bisa menyebabkan penyakit tular tanah. Katoch *et al.* (2012) melaporkan bahwa pengaruh penambahan residu gulma tembelekan (*Lantana camara*) dan babadotan (*Ageratum conyzoides*) ke dalam tanah dengan konsentrasi 5% dan 10% menghasilkan penghambatan terhadap kemunculan dan pertumbuhan tunas gandum, padi dan jagung. Zohaib *et al.* (2017) melaporkan bahwa senyawa fenolik yang mudah larut oleh air akibat proses dekomposisi gulma tara (*Vicia sativa*), kelabat (*Trigonella polycerata*), kacang polong kuning (*Lathyrus aphaca*) dan semanggi bur (*Medicago polymorpha*) menghambat perkecambahan benih dan produksi biomassa gandum.

3.3. Penguapan

Pelepasan alelokimia yang mudah menguap dari tanaman donor dan dampaknya pada tanaman reseptor bisa terjadi melalui penyerapan langsung dalam bentuk uap dari atmosfer atau melalui penyerapan bersama dengan

embun atau air hujan (Zohaib *et al.*, 2016). Senyawa yang paling umum yang dilepaskan dari penguapan tumbuhan meliputi kamper, metil jasmonat, metil salisilat, camphene dan pinene (Bertini *et al.*, 2018; Brill *et al.*, 2011; Riedlmeier *et al.*, 2017). Sekine *et al.* (2020) melaporkan bahwa senyawa volatile Peterseli (*Petroselinum sativum*), tarragon (*Artemisia dracunculus*), kapulaga seberang (*Elettaria cardamomum*), jintan (*Carum carvi*), herba timi (*Thymus vulgaris*), rosemari (*Rosmarinus officinalis*) dan sage (*Salvia officinalis*) menyebabkan penurunan perkecambahan benih dan pertumbuhan selada.

3.4. Eksudasi akar

Alelokimia lepas dari akar di rizosfer dan mempengaruhi tanaman di sekitarnya (Sangeetha & Baskar, 2015). Eksudat akar kaki angsa (*Chenopodium murale*) dalam agar diketahui dapat menurunkan pertumbuhan benih gandum. Terjadi penurunan pada panjang akar dan pucuk benih gandum sebesar 32 – 44%, sedangkan berat kering benih menurun hingga 52% (Zohaib *et al.*, 2016). Eksudat akar jalamparan digunakan pada studi bioassay untuk menguji pengaruhnya terhadap sawi, selada, jewawut dan millet mutiara. Konsentrasi yang rendah diketahui tidak menimbulkan dampak stimulasi atau tidak berpengaruh pada pertumbuhan akar dan pucuk tanaman yang diuji, namun penghambatan terjadi pada konsentrasi yang lebih tinggi (Hussain *et al.*, 2011).

4. Dampak Alelopati Gulma terhadap Tanaman Budidaya

Gulma menimbulkan beragam dampak terhadap tanaman budidaya melalui pelepasan alelokimia di lingkungan sekitarnya. Beberapa dampak potensial alelopati gulma pada tanaman budidaya diulas pada bagian berikut ini.

4.1. Menghambat Perkecambahan dan Pembentukan Tunas

Kejadian alelopati dipicu oleh terjadinya interaksi biokimia antara tumbuhan dan mikroorganisme dan mengakibatkan pelepasan alelokimia (Bachheti *et al.*, 2020; Scavo *et al.*, 2019). Gulma melepaskan alelokimia dalam jumlah besar ke dalam tanah, yang mempengaruhi perkecambahan dan pembentukan tunas tanaman reseptor di sekitarnya. Senyawa fenolik, lignan, sianogenin, glikosida fenolik, dan flavonoid yang dilepaskan ke tanah dari gulma baik melalui eksudat akar, lindi dan/atau dekomposisi residu menghambat kemampuan perkecambahan benih tanaman (Katoch *et al.*, 2012; Lalbiak *et al.*, 2022). Senyawa fenolik adalah alelokimia terpenting yang terlibat dalam interaksi biokimia. Gulma menghasilkan fenolik dalam jumlah besar dan berperan aktif dalam interaksi alelopati yang memicu dampak penghambatan pada tanaman budidaya. Lindi dan sisa pembusukan gulma di tanah meningkatkan senyawa fenolik yang larut dalam air mengakibatkan menurunnya persentase dan laju kemunculan tunas serta pertumbuhan tanaman budidaya (Abbas *et al.*, 2015; Zohaib *et al.*, 2014).

4.2. Menghambat Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Alelokimia yang dilepaskan oleh gulma mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan perkembangan tanaman budidaya karena terjadinya gangguan pada proses fisiologis tanaman (Yuliyani *et al.*, 2019). Fungsi tanaman yang sangat penting yang terdampak oleh alelokimia meliputi respirasi, fotosintesis, pembelahan dan pembesaran sel, aktivitas metabolisme, sintesis protein, dan kerja enzim (Zohaib *et al.*, 2016). Penurunan pertumbuhan dan perkembangan tanaman berasal dari terhambatnya pembelahan sel dan fotosintesis akibat terganggunya sel klorofil (Muhammad *et al.*, 2021). Senyawa alelokimia seperti asam ferulat, asam klorogenat, asam caffeic, asam vanilat, asam 4-hidroksi-3-metoksibenzoat, asam p-coumaric dan asam galsat mengakibatkan penghambatan pertumbuhan tanaman (Muzaffar *et al.*, 2012). Gulma melepaskan sejumlah besar alelokimia ke dalam tanah dan lingkungan sekitarnya yang cukup untuk memberikan dampak merugikan pada pertumbuhan tanaman budidaya, dan parameter pertumbuhan yang paling terdampak adalah perkembangan akar (Hagan *et al.*, 2013; Kato-Noguchi, 2022; Negi *et al.*, 2020). Akumulasi alelokimia dalam tanah menyebabkan penurunan perkecambahan benih, pertumbuhan tanaman, penurunan akar primer dan peningkatan akar sekunder, klorosis, penyerapan nutrisi yang buruk, keterlambatan pematangan dan kegagalan reproduksi (De Albuquerque *et al.*, 2011).

4.3. Mengurangi Hasil Panen

Gulma mengakibatkan penurunan hasil panen melalui kompetisi dan alelopati (He *et al.*, 2012). Namun, pada kondisi lapangan sulit untuk membedakan penyebab penurunan hasil panen, apakah ini disebabkan oleh interaksi alelopati gulma atau karena kompetisi gulma-tanaman. Gulma adalah tanaman yang tidak diinginkan yang bersaing dengan tanaman budidaya untuk memperoleh ruang, kelembaban, nutrisi dan cahaya, dan dengan demikian menghambat pertumbuhan, akhirnya menurunkan hasil baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Sebagian besar penelitian berkonsentrasi pada penentuan kehilangan hasil akibat kompetisi dan tingkat kritis kompetisi gulma-tanaman (Ali *et al.*, 2015). Beberapa penelitian telah dipublikasikan untuk mengetahui mekanisme hasil panen

terganggu oleh interaksi alelopati gulma. Mohadesi *et al.* (2011) melaporkan bahwa ekstrak air gulma jajagoan menurunkan hasil padi. Terjadi penurunan pertumbuhan daun bendera dan jumlah anakan, terlambatnya pembungaan dan kemunculan malai yang diduga menjadi penyebab penurunan hasil panen. Majeed *et al.* (2012) mencatat terjadinya penurunan hasil gandum akibat ekstrak air kaki angsa putih (*Chenopodium album*) pada konsentrasi yang tinggi. Penurunan hasil disebabkan oleh berkurangnya jumlah anakan per tanaman, jumlah bulir per malai dan bobot bulir. Penentuan kehilangan hasil akibat interaksi alelopati gulma-tanaman belum banyak diulas, hanya sedikit informasi yang tersedia mengenai penilaian kehilangan hasil akibat alelopati gulma.

5. Kesimpulan

Gulma adalah kelompok tumbuhan yang berasosiasi dengan tanaman budidaya dan kehadirannya cenderung tidak diinginkan. Asosiasi antara gulma-tanaman menyebabkan kerugian ekonomi karena terjadinya persaingan atau oleh lepasnya alelokimia, dalam proses yang dikenal sebagai alelopati. Gulma menghasilkan beragam kelompok alelokimia dalam jumlah besar, dan pelepasannya melalui beragam proses seperti pencucian, dekomposisi residu, penguapan, dan eksudasi akar; dampaknya menghambat perkecambahan, pembentukan tunas, pertumbuhan dan perkembangan, serta menurunkan hasil panen. Alelokimia yang dilepaskan oleh gulma mengganggu banyak proses fisiologis tanaman dan berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada intinya, dampak alelopati gulma adalah ancaman terhadap hasil kualitatif dan kuantitatif, serta perlu pengawasan untuk menjaga keberlangsungan produksi tanaman budidaya.

Daftar Referensi

- Abbas, T., Nadeem, M. A., Tanveer, A., & Zohaib, A. (2015). Comparative influence of water soluble phenolics of warm climate aquatic weeds on weeds species composition and rice-wheat cropping system. *Scientia Agriculturae*, 10(3). <https://doi.org/10.15192/pscp.sa.2015.10.3.145150>
- Ali, H. H., Tanveer, A., Naeem, M., Jamil, M., Iqbal, M., Chadhar, A. R., & Kashif, M. S. (2015). Assessing the Competitive Ability of *Rhynchosia capitata*; An Emerging Summer Weed in Asia. *Planta Daninha*, 33(2), 175–182. <https://doi.org/10.1590/0100-83582015000200002>
- Amb, M. K., & Ahluwalia, A. S. (2016). Allelopathy: Potential Role to Achieve New Milestones in Rice Cultivation. *Rice Science*, 23(4), 165–183. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.06.001>
- Bachheti, A., Sharma, A., Bachheti, R. K., Husen, A., & Pandey, D. P. (2020). Plant Allelochemicals and Their Various Applications. *Reference Series in Phytochemistry*, March, 441–465. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6_14
- Baky, M. H., Elgindi, M. R., Shawky, E. M., & Ibrahim, H. A. (2022). Phytochemical investigation of *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* aerial parts in context of its biological activity. *BMC Chemistry*, 16(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00909-8>
- Bertini, L., Proietti, S., Focaracci, F., Sabatini, B., & Caruso, C. (2018). Epigenetic control of defense genes following MeJA-induced priming in rice (*O. sativa*). *Journal of Plant Physiology*, 228(December 2017), 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.007>
- Bhadoria, P. (2010). Allelopathy: A Natural Way towards Weed Management. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(1), 7–20. <https://doi.org/10.9734/ajea/2011/002>
- Brilli, F., Ruuskanen, T. M., Schnitzhofer, R., Müller, M., Breitenlechner, M., Bittner, V., Wohlfahrt, G., Loreto, F., & Hansel, A. (2011). Detection of plant volatiles after leaf wounding and darkening by proton transfer reaction “time-of-flight” mass spectrometry (ptr-tof). *PLoS ONE*, 6(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020419>
- Chauhan, B. S. (2020). Grand Challenges in Weed Management. *Frontiers in Agronomy*, 1(January), 1–4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00003>
- Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6(NOVEMBER), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
- De Albuquerque, M. B., Dos Santos, R. C., Lima, L. M., Melo Filho, P. D. A., Nogueira, R. J. M. C., Da

- Cámara, C. A. G., & Ramos, A. D. R. (2011). Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2), 379–395. <https://doi.org/10.1051/agro/2010031>
- Eo, I., & Jo, O. (2017). Weed Infestation, Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.) as Influenced by Periods of Weed Interference. *Advances in Crop Science and Technology*, 05(02). <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000267>
- Ettebong, E. O., Ubulom, P. M., & Obot, D. (2020). A Systematic review on *Eleusine indica* (L.) Gaertn.): From ethnomedicinal uses to pharmacological activities Ette O Ettebong, Peace ME Ubulom and Daniel Obot. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(4), 262–274. www.plantsjournal.com
- Farooq, M., Nawaz, A., Alam Cheema, S., & Ata Cheema, Z. (2014). Role of allelopathy in weed management: a review. *Recent Advances in Weed Management*, 41(4), 39–61. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1019-9_3
- Flessner, M. L., Burke, I. C., Dille, J. A., Everman, W. J., Vangessel, M. J., Tidemann, B., Manuchehri, M. R., Soltani, N., & Sikkema, P. H. (2021). Potential wheat yield loss due to weeds in the United States and Canada. *Weed Technology*, 35(6), 916–923. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.78>
- Garduque, D. A. P., Mateo, K. R. G., Oyinloye, S. M. A., & Lucero, J. A. kristine L. (2019). Antimicrobial Efficacy of Carabao Grass (*Paspalum conjugatum*) leaves on *Staphylococcus aureus*. *Abstract Proceedings International Scholars Conference*, 7(1), 384–397. <https://doi.org/10.35974/isc.v7i1.1035>
- Hagan, D. L., Jose, S., & Lin, C. H. (2013). Allelopathic Exudates of Cogongrass (*Imperata cylindrica*): Implications for the Performance of Native Pine Savanna Plant Species in the Southeastern US. *Journal of Chemical Ecology*, 39(2), 312–322. <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0241-z>
- He, H. Bin, Wang, H. Bin, Fang, C. X., Lin, Z. H., Yu, Z. M., & Lin, W. X. (2012). Separation of allelopathy from resource competition using rice/barnyardgrass mixed-cultures. *PLoS ONE*, 7(5), 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037201>
- Hussain, F., Ilahi, I., Malik, S. A., Dasti, A. A., & Ahmad, B. (2011). Allelopathic effects of rain leachates and root exudates of *Cenchrus ciliaris* L. And *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1), 341–350.
- Islam, A. K. M. M., Nasir, M., Mou, M. A., Yeasmin, S., Islam, M. S., Ahmed, S., Anwar, M. P., Hadifa, A., Baazeem, A., Iqbal, M. A., Juraimi, A. S., & Sabagh, A. E. L. (2021). Preliminary reports on comparative weed competitiveness of bangladeshi monsoon and winter rice varieties under puddled transplanted conditions. *Sustainability*, 13(5091). <https://doi.org/10.3390/su13095091>
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>
- Jhade, D., Ahirwar, D., Jain, R., Sharma, N. K., & Gupta, S. (2011). Pharmacognostic standardization, physico-and phytochemical evaluation of *Amaranthus spinosus* Linn. root. *Journal of Young Pharmacists*, 3(3), 221–225. <https://doi.org/10.4103/0975-1483.83770>
- Kanupriya, Kumar, M., Sharma, A., & Dhiman, A. (2021). Medicinal potential of *Digitaria*: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(1), 1717–1719. www.phytojournal.com
- Kato-Noguchi, H. (2022). Allelopathy and Allelochemicals of *Imperata cylindrica* as an Invasive Plant Species. *Plants*, 11(19), 11–14. <https://doi.org/10.3390/plants11192551>
- Katoch, R., Singh, A., & Thakur, N. (2012). Effect Of Weed Residues On The Physiology Of Common Cereal Crops. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(5), 828–834.
- Ketut Adiputra, I. G. (2022). The Effect of Accumulation of Leaf Litters and Allelochemicals in the Soil to the Sustainability of the Newly Introduced Crop Plants. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 7(1). <https://doi.org/10.22146/jtbb.65227>

- Khamare, Y., Chen, J., & Marble, S. C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13(November), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034649>
- Khanh, T. D., Linh, L. H., Linh, T. H., Quan, N. T., Cuong, D. M., Hien, V. T. T., Ham, L. H., & Xu, T. D. (2013). Integration of Allelopathy to Control Weeds in Rice. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*, June. <https://doi.org/10.5772/56035>
- Khanh, T. D., Trung, K. H., Anh, L. H., & Xuan, T. D. (2019). Allelopathy of Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Weed: an Allelopathic Interaction with Rice (*Oryza sativa*). *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 1(January), 97–116.
- Kumar, A., Sreedharan, S., Kashyap, A. K., Singh, P., & Ramchiary, N. (2022). A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Heliyon*, 8(1), e08669. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08669>
- Lalbiak, Lalnunmawia, F., & Lalruatsan, H. (2022). Allelopathic effect of common weeds on germination and seedling growth of rice in wetland paddy fields of Mizoram, India. *Plant, Soil and Environment*, 68(8), 393–400. <https://doi.org/10.17221/167/2022-PSE>
- Laxman, D. U., Desai, N. M., & Krishna, G. D. (2019). Allelopathic Potentials of *Chromolaena odorata* L. on Growth and Biochemical Characteristics of *Salvadora persica*. *Asian Journal of Biological Sciences*, 12(2), 122–129. <https://doi.org/10.3923/ajbs.2019.122.129>
- Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. De, & Jiang, D. A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933–8952. <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>
- Ma, Y., Zhang, M., Li, Y., Shui, J., & Zhou, Y. (2014). Allelopathy of rice (*Oryza sativa* L.) root exudates and its relations with *Orobancha cumana* Wallr. and *Orobancha minor* Sm. germination. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), 722–730. <https://doi.org/10.1080/17429145.2014.912358>
- Madhan Shankar, R., Veeralakshmi, S., Sirajunnisa, A. R., & Rajendran, R. (2014). Effect of Allelochemicals from Leaf Leachates of *Gmelina arborea* on Inhibition of Some Essential Seed Germination Enzymes in Green Gram, Red Gram, Black Gram, and Chickpea. *International Scholarly Research Notices*, 2014, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2014/108682>
- Mahmoud, S. (2016). Allelopathic Potential of Five Weed Extracts on *Portulacaolercea* l. and *Setariaglauca* l. Beauv. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 7(5), 321–325. <https://doi.org/10.21608/jppp.2016.50562>
- Majeed, A., Chaudhry, Z., & Muhammad, Z. (2012). Allelopathic assessment of fresh aqueous extracts of *Chenopodium Album* L. for growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 165–167.
- Malarvizhi, D., Karthikeyan, AVP., Sudan, I., & Satheeskumar, R. (2019). Phytochemical analysis of *Commelina diffusa* Burm. F. through GC-MS method. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 376–379.
- Mohadesi, A., Abbasian, A., Bakhshipour, S., Tavasoli, F., Salehi, M. M., & Madani, A. (2011). Allelopathy of weed extracts on yield and its components in four cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Central European Agriculture*, 12(1), 70–81. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.1.881>
- Mozafari, A. A., Vafae, Y., & Shahyad, M. (2018). Phytochemical composition and in vitro antioxidant potential of *Cynodon dactylon* leaf and rhizome extracts as affected by drying methods and temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2220–2229. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3139-5>
- Muhammad, I., Shalmani, A., Ali, M., Yang, Q. H., Ahmad, H., & Li, F. B. (2021). Mechanisms Regulating the Dynamics of Photosynthesis Under Abiotic Stresses. *Frontiers in Plant Science*, 11(January), 1–25. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.615942>
- Muzaffar, S., Ali, B., & Wani, N. . (2012). Effect of Catechol, Gallic Acid and Pyrogallol Acid on the Germination, Seedling Growth and the Level of Endogenous Phenolics. *International Journal of Life Science*

- Biotechnology and Pharma Research*, 1(May 2012), 50–55.
- Nandi, M. V. P., Hasanuddin, & Hafisah, S. (2020). Phytochemical test fraction N-hexane allelopathy goat weed extracts (*Ageratum conyzoides* L.) on the growth of thorn spinach (*Amaranthus spinosus* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 425(1), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/425/1/012039>
- Narayanan, J., & Jeeva, S. (2012). Phytochemical Analysis On *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson Journal Of Harmonized Research (JOHR) Journal Of Harmonized Research in Pharmacy. *Journal Of Harmonized Research (JOHR)*, 1(1), 19–32.
- Nasrin, M., Afroz, F., Sharmin, S., Rana, M. S., & Sohrab, M. H. (2019). Cytotoxic, Antimicrobial and Antioxidant Properties of *Commelina diffusa* Burm. F. *Pharmacology & Pharmacy*, 10(02), 82–93. <https://doi.org/10.4236/pp.2019.102007>
- Negi, B., Bargali, S., Bargali, K., & Khatri, K. (2020). Allelopathic Interference of *Ageratum conyzoides* L. against Rice Varieties. *Current Agriculture Research Journal*, 8(2), 69–76. <https://doi.org/10.12944/carj.8.2.01>
- Ngoc, Q. N., & Minh, T. N. (2021). *Cyperus rotundus* cyperaceae: a study of phytochemistry, total polyphenol content, flavonoid content, and antioxidant activity. *E3S Web of Conferences*, 332, 06003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202133206003>
- Ramli, N. W., Zain, W. Z. W. M., Wahab, M. Z. A., Hamid, N., Abdullah, N. A., & Zamanhuri, N. (2022). Phytochemical Screening, Antioxidant and Antifungal Activity of Methanolic Extract of *Fimbristylis dichotoma* and *Fimbristylis miliacea*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012080>
- Riedlmeier, M., Ghirardo, A., Wenig, M., Knappe, C., Koch, K., Georgii, E., Dey, S., Parker, J. E., Schnitzler, J. P., & Vlot, A. C. (2017). Monoterpenes support systemic acquired resistance within and between plants. *Plant Cell*, 29(6), 1440–1459. <https://doi.org/10.1105/tpc.16.00898>
- Rizwan, K., Majeed, I., Bilal, M., Rasheed, T., Shakeel, A., & Iqbal, S. (2022). Phytochemistry and Diverse Pharmacology of Genus *Mimosa*: A Review. *Biomolecules*, 12(1), 1–31. <https://doi.org/10.3390/biom12010083>
- Sangeetha, C., & Baskar, P. (2015). Allelopathy in weed management: A critical review. *African Journal of Agricultural Research*, 10(9), 1004–1015. <https://doi.org/10.5897/ajar2013.8434>
- Sarker, U., & Oba, S. (2019). Nutraceuticals, antioxidant pigments, and phytochemicals in the leaves of *Amaranthus spinosus* and *Amaranthus viridis* weedy species. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50977-5>
- Savadi, S., Vazifedoost, M., Didar, Z., Nematshahi, M. M., & Jahed, E. (2020). Phytochemical Analysis and Antimicrobial/Antioxidant Activity of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Rhizome Methanolic Extract. *Journal of Food Quality*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5946541>
- Scavo, A., Abbate, C., & Mauromicale, G. (2019). Plant allelochemicals: agronomic, nutritional and ecological relevance in the soil system. *Plant and Soil*, 442(1–2), 23–48. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04190-y>
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2021). Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: Knowing the present with a view to the future. *Agronomy*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Sekine, T., Appiah, K. S., Azizi, M., & Fujii, Y. (2020). Plant growth inhibitory activities and volatile active compounds of 53 spices and herbs. *Plants*, 9(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/plants9020264>
- Shilpi, J. A., Gray, A. I., & Seidel, V. (2010). Chemical constituents from *Ludwigia adscendens*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38(1), 106–109. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.12.014>

- Siddique, A., & Ismail, B. (2013). Rice Ecosystem, Allelopathy and Environment – A Review. *The Agriculturists*, 11(1), 112–121. <https://doi.org/10.3329/agric.v11i1.15251>
- Singla, R. K., Dhir, V., Madaan, R., Kumar, D., Singh Bola, S., Bansal, M., Kumar, S., Dubey, A. K., Singla, S., & Shen, B. (2022). The Genus Alternanthera: Phytochemical and Ethnopharmacological Perspectives. *Frontiers in Pharmacology*, 13(April). <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.769111>
- Swain, D., Paroha, S., Singh, M., & Subudhi, H. N. (2012). Evaluations of allelopathic effect of Echinochloa colona weed on rice (*Oryza sativa* L. 'Vandana'). *Journal of Environmental Biology*, 33(5), 881–889.
- Timalsina, D., & Devkota, H. P. (2021). Eclipta prostrata (L.) l. (asteraceae): Ethnomedicinal uses, chemical constituents, and biological activities. *Biomolecules*, 11(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/biom11111738>
- Waghmare, P. K., Shinde, S. A., Chenalwad, S. P., & Jadhav, A. S. (2018). Study on Weed Control and Yield of Seasonal Sugarcane as Influenced by Application of Different Herbicides. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci, Special Is*(6), 930–932.
- Wahida, F., Hamidi, A., Haqqi, F., Zainuddin, I., Ismail, A. M., & Hasan, M. Y. (2014). Preliminary study on allelopathic effect from Chromolaena odorata (Siam weed) leaves extract towards Vigna radiata. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(8), 406–411.
- Yuliyani, E. D., Darmanti, S., & Hastuti, E. D. (2019). Allelochemical effects of Chromolaena odorata L. against photosynthetic pigments and stomata of Ageratum conyzoides l. leaves. *Journal of Physics: Conference Series*, 1217(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1217/1/012149>
- Zhou, Y. X., Xin, H. L., Rahman, K., Wang, S. J., Peng, C., & Zhang, H. (2015). Portulaca oleracea L.: A review of phytochemistry and pharmacological effects. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/925631>
- Zohaib, A., Tabassum, T., Anjum, S. A., Abbas, T., & Nazir, U. (2017). Efeito alelopático de algumas plantas daninhas do trigo associadas na germinabilidade e produção de biomassa de plântulas do trigo. *Planta Daninha*, 35. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100089>
- Zohaib, Ali, Abbas, T., & Tabassum, T. (2016). Weeds Cause Losses in Field Crops through Allelopathy. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(1), 47–56. <https://doi.org/10.15835/nsb.8.1.9752>
- Zohaib, Ali, Tabassum, T., Abbas, T., & Rasool, T. (2014). Influence of water soluble phenolics of Vicia sativa L. on germination and seedling growth of pulse crops. *Scientia Agriculturae*, 8(3), 148–151. <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2014>