Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Anatomical and Histochemical Variation in *Hellenia speciosa* Leaves Across Developmental Stages

Yesi Purwanti* **& Dyah Iriani**
Biology study Program, Riau University, Pekanbaru, Indonesia;

Article History
Received : June 07th, 2026
Revised : October 12th, 2026
Accepted : October 28th, 2026

*Corresponding Author: **Yesi Purwanti,** Biology study Program, Riau University, Pekanbaru, Indonesia;
Email: yesipurwanti02@gmail.com

Abstract: Pacing *(Hellenia speciosa* (J. Koenig) S.R. Dutta*)* is a species of the Costaceae family that grows as an herbaceous plant with simple leaves. Pacing leaves have potency as a medicinal plant. This study aims to characterize the anatomical and histochemical features of pacing leaves at two developmental stages and to analyze their potential as a medicinal plant. The method used is the *free hand section* method, paradermal method, and histochemical analysis. Anatomical structures were observed in the midrib, intercostal region, leaf margin, and petiole. In the two developmental stages, pacing leaves are differentiated into dermal, ground, and vascular tissues. The ground tissue is differentiated into palisade and spongy mesophyll with a dorsiventral arrangement. Tissue thickness is greater in mature leaves compared to young leaves. Stomatal density is higher on the abaxial surface, with a greater number observed in young leaves. In addition, non-glandular trichomes are present in the epidermal tissue, with higher density in young leaves. Histochemical analysis revealed positive results for alkaloids, flavonoids, phenolics, tannins, terpenoids, and lipids, with varying staining intensities in each tissue. Young leaves showed stronger histochemical staining for several alkaloid and flavonoid reactions, whereas mature leaves showed stronger staining for several phenolic, tannin, terpenoid, and lipid reactions; these qualitative intensities should not be interpreted as quantitative concentrations.

Keywords: Anatomy; Histochemistry; Trichome density; Pacing leaves.

Pendahuluan

Hellenia speciosa (J.Koenig) S.R.Dutta merupakan tumbuhan herba tahunan yang termasuk dalam famili Costaceae yang banyak ditemukan di daerah tropis lembab (Nurlita *et al*., 2025). Tanaman ini dikenal sebagai tanaman obat tradisional; dokumentasi pengetahuan lokal dan pemanfaatan tumbuhan penting untuk mendukung penggunaan sumber daya hayati secara berkelanjutan (Tania *et al.,* 2026). Masyarakat banyak memanfaatkan tanaman tersebut untuk pengobatan batuk, demam, diabetes serta gangguan pada saluran pencernaan **(**Navia *et al*., 2022).

Ramya & Dhamotharan (2019), membuktikan bahwa ekstrak daun pacing memiliki aktivitas antidiabetik yang signifikan. Kandungan fitokimianya, seperti flavonoid, saponin, fenol, alkaloid, dan terpenoid, berperan dalam menekan kenaikan glukosa darah. Kodagoda *et al.,* (2023), menyatakan bahwa tunas daun pacing mengandung kadar fenolik total yang paling tinggi serta aktivitas antioksidan terbaik berdasarkan uji penangkapan radikal DPPH, dibandingkan dengan daun pada posisi nodus berikutnya.

Kajian anatomi tumbuhan memiliki peranan penting dalam identifikasi farmakognostik, klasifikasi, serta memahami adaptasi fisiologis tumbuhan terhadap lingkungan. Kajian anatomi daun pacing asal Vietnam telah dilakukan oleh Triet *et al*., (2025), akan tetapi baru sebatas anatomi bagian ibu tulang daun, sedangkan bagian lain seperti *intercostal* dan bagian tepi daun serta tangkai daun belum dilaporkan. Kajian histokimia bertujuan mengkarakterisasi jenis metabolit sekunder pada jaringan tumbuhan dengan mengetahui letak senyawa-senyawa aktif yang dihasilkan secara anatomis. Data histokimia daun pacing baru sebatas pada bagian ibu tulang daun yang telah dilakukan oleh Shaik *et al*., (2022) dan Sushma *et al*., (2019). Oleh karena itu,

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

diperlukan studi anatomi dan histokimia sebagai penunjang identifikasi dan standarisasi farmakognostik tumbuhan sehingga peramuan obat terstandarisasi, efektif, dan berkualitas.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2025 hingga April 2026. Daun Pacing (*Hellenia speciosa*) dikoleksi dari Kawasan Jalan Bina Widya, Universitas Riau. Seluruh tahapan penelitian yang meliputi pembuatan dan pengamatan preparat anatomi, histokimia dan paradermal dilakukan di Laboratorium Mikroteknik dan Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.

Preparat Anatomi Daun Pacing

Preparat anatomi daun pacing disiapkan dengan teknik *free hand section* mengacu pada Ministry of Health (2017), Chen et al. (2024), dan Triet et al. (2025). Sampel yang digunakan berupa daun muda (kuncup daun) dan daun tua (nodus ke-4) yang meliputi bagian ibu tulang daun (*midrib*), daerah interkostal (*intercostal*), tepi daun (*margin*), dan tangkai daun (*petiole*). Pengamatan dilakukan menggunakan satu individu tanaman sebagai ulangan biologis. Dari setiap individu dibuat tiga ulangan irisan melintang menggunakan silet. Irisan dengan struktur jaringan yang utuh dan ketebalan yang relatif seragam digunakan sebagai preparat. Preparat ditempatkan diatas kaca objek, ditambahkan akuades, lalu ditutup menggunakan kaca penutup sebelum diamati dibawah mikroskop cahaya yang telah dikalibrasi dengan mikrometer objek dan mikrometer okuler.

Pengukuran karakter anatomi dilakukan pada lima lapang pandang untuk setiap preparat. Data disajikan sebagai rerata ± simpangan baku (mean ± SD, n = 3 ulangan biologis) dan dianalisis secara deskriptif menggunakan Microsoft Excel. Irisan preparat diteteskan *chloral hydrate* 70% selama 10 menit. Setelah itu, jaringan dinetralkan dengan asam asetat 1% selama 2 menit. Selanjutnya, irisan jaringan diwarnai menggunakan pewarnaan ganda dengan safranin 0,25% selama 5 menit dan fastgreen 0,1% selama 30 detik. Irisan yang telah diwarnai kemudian diletakkan di atas kaca objek, ditetesi 1–2 tetes campuran gliserin:air (50:50) dan tutup dengan *cover glass*.

Preparat Paradermal

Sampel daun muda (kuncup daun) dan daun tua (nodus ke-4) dimasukkan ke dalam alkohol 70% selama 24 jam. Sampel kemudian dibilas menggunakan aquades dan dikikis pada permukaan adaksial dan abaksial daun. Pewarnaan dilakukan dengan safranin 0,25% yang dilarutkan dalam aquades selama 45 menit. Preparat kemudian ditetesi gliserin 1%, ditutup dengan *cover glass,* dan diamati di bawah mikroskop Olympus CX23 yang dilengkapi kamera OptiLab Viewer 3.0. (Sass 1951; Sofiyanti *et al*. 2022).

Preparat Histokimia

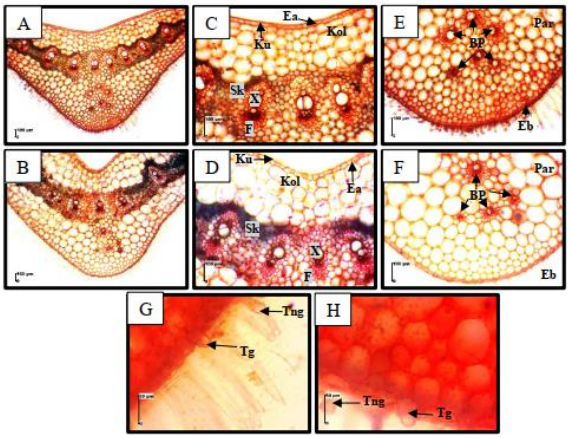
Uji histokimia dilakukan dengan metode *free hand section*. Preparat diberi masing-masing reagen untuk mendeteksi metabolit berdasarkan perubahan warna, yaitu reagen Wagner untuk alkaloid (cokelat kemerahan), NaOH 10% untuk flavonoid (kuning) (Sofiyanti *et al*., 2022), $FeCl_3$ 10% untuk fenol (hijau gelap hingga hitam) (Damayanti & Susanti 2023), dan tanin (biru kehitaman) (Huda *et al*., 2023), $CuSO_4$ 5% untuk terpenoid (kuning kecokelatan) (Azlina & Iriani 2024), serta Sudan III untuk lipid (merah) Huda *et al*., 2023). Intensitas reaksi histokimia dinilai secara kualitatif berdasarkan perubahan warna jaringan setelah pemberian reagen dan dibandingkan dengan kontrol tanpa reagen. Intensitas dikategorikan secara ordinal dari negatif (−) hingga sangat tinggi (++++).Perubahan warna pada setiap uji reagen diamati menggunakan CMYK (Cyan Magenta Yellow) Tools.

Hasil dan Pembahasan

Struktur Anatomi Daun Pacing

Pengamatan anatomi daun pacing meliputi ibu tulang daun (*midrib*) (Gambar 1), *intercostal*, tepi daun (*margin*) (Gambar 2), dan tangkai daun (*petiole*) (Gambar 3). Penampang melintang ibu tulang *H. speciosa* berbentuk segitiga (*triangular*), dengan bagian adaksial mencekung dan abaksial cembung seperti huruf V. Pada bagian abaksial membentuk seperti huruf V yang dikelilingi trikoma glandular dan non glandular (Gambar 1H, 1G). Epidermis daun pacing pada kedua tahap perkembangan terdiri atas satu lapisan sel berbentuk poligonal yang tersusun rapat dan dilapisi kutikula. Jaringan kolenkim pada daun muda maupun daun tua memiliki

bentuk sudut (angular) dengan ketebalan 3–4 lapisan sel (Gambar 1).



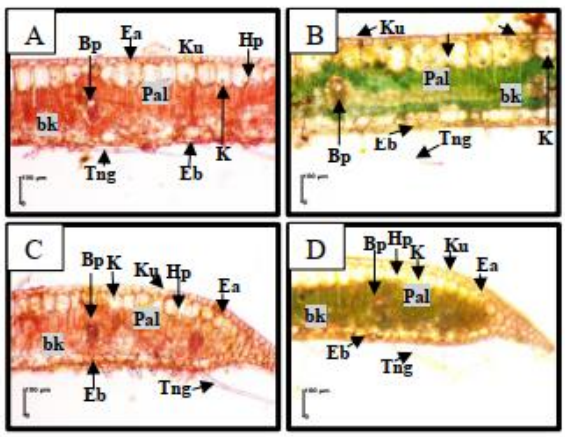
Gambar 1. Anatomi ibu tulang daun pacing fase muda dan tua. (A) Penampang ibu tulang daun muda, (B,C) Epidermis adaksial dan abaksial muda, (D) Penampang ibu tulang daun tua, (E,F) Epidermis adaksial dan abaksial tua, (G,H) Trikoma daun muda dan tua, (Ku) Kutikula, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Par) Parenkim, (Kol) Kolenkim, (Sk) Sklerenkim, (BP) Berkas Pengangkut, (F) Floem, (X) Xilem, (Tng) Trikoma nonglandular, (Tg) Trikoma glandular.

Epidermis adaksial dan abaksial daun muda memiliki ketebalan 32,52 ± 1,54 µm dan 23,85 ± 2,27 µm lebih rendah dibandingkan daun tua yaitu 34,26 ± 2,02 µm dan 24,24 ± 3,06 µm. Ketebalan ibu tulang daun muda 1403,23 ± 34,89 µm, lebih rendah dibandingkan daun tua yang mencapai 1473,47 ± 51,80 µm yang menunjukkan peningkatan ketebalan pada daun tua dibandingkan daun muda. Penebalan kutikula dan epidermis berperan sebagai pertahanan struktural tumbuhan dalam menghambat infeksi patogen (Pradana *et al*., 2017). Perbedaan ketebalan daun juga berkaitan dengan intensitas cahaya matahari yang diterima. Selain itu, ketebalan daun memengaruhi laju transpirasi, dengan hubungan berbanding terbalik, yaitu semakin tebal daun, semakin rendah laju transpirasinya (Costa & Daningsih 2021).

Berkas pengangkut pada ibu tulang daun muda dan tua tersusun lebih dari satu membentuk pola melengkung mengikuti bentuk ibu tulang daun. Berkas pengangkut utama berada dekat epidermis adaksial yang tersusun berjajar dari pelepah hingga tepi helai daun dan beberapa berkas pengangkut tambahan di dekat epidermis abaksial. Jaringan xilem dikelilingi floem dan diselubungi sklerenkim (Gambar 1B, 1E). ketebalan berkas pengangkut pada ibu tulang daun muda 333,10 ± 11,73 µm dan 337,42 ± 17,10 µm pada daun tua. Berkas pengangkut pacing bertipe kolateral tertutup karena tidak memiliki kambium. Hal ini sejalan dengan penelitian Triet *el al*., (2025), pada *C. pictus* dan *H. speciosa* (Costaceae).

Trikoma merupakan derivat epidermis yang berperan dalam melindungi tumbuhan dari berbagai cekaman biotik dan abiotik (Wang *et al.* 2021). Tipe trikoma ibu tulang daun muda dan tua yaitu trikoma nonglandular multiseluler dan trikoma glandular peltat. Keberadaan trikoma hanya ditemukan pada sisi abaksial daun dengan daun muda lebih banyak memiliki trikoma non glandular daripada daun tua (Gambar 1G, 1H). Hasil ini sejalan dengan penelitian Riyas & Mathew (2018) serta Saensouk *et al*., (2024) yang melaporkan keberadaan trikoma nonglandular multiseluler pada permukaan abaksial daun *H. lacera* dan *H. speciosa* (Costaceae), sedangkan pada Triet *et al*., (2025) menunjukkan adanya trikoma nonglandular bertipe uniseluler pada organ yang sama, sehingga adanya variasi tipe trikoma pada spesies ini.

Pengamatan *intercostal* dan tepi daun (*margin*) dapat dilihat pada (Gambar 2). Struktur anatomi *intercostal* daun muda dan tua pacing disajikan pada Gambar 2A, 2B, memiliki tipe mesofil bertipe dorsiventral yang terdiri atas jaringan palisade dan bunga karang.



Gambar 2. Anatomi daun pacing fase muda dan tua. (A) *Intercostal* muda, (B) *Intercostal* tua, (C) Tepi daun muda, (D) Tepi daun tua, (Ku) Kutikula, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (K) Kristal kalsium oksalat, (Hp) Hipodermis, (Pal) Palisade, (Bp) Berkas pengangkut, (bk) Bunga karang, (Tng) Trikoma nonglandular.

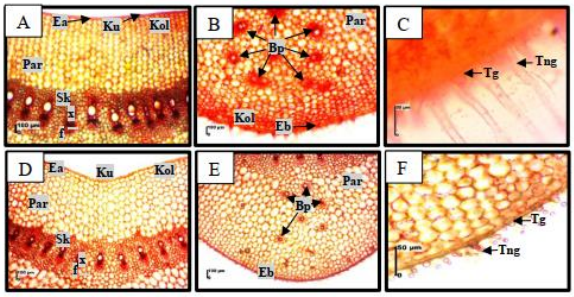
Jaringan palisade berbentuk sel memanjang dan rapat, dengan ketebalan 68,43 ±

29,02 µm pada daun muda dan 101,14 ± 12,57 µm pada daun tua, sedangkan jaringan bunga karang memiliki sel-sel yang bentuknya tidak beraturan dan tersusun lebih renggang, dengan ketebalan masing-masing 65,03 ± 19,95 µm dan 89,25 ± 2,40 µm pada daun muda dan tua. Tipe mesofil ini menunjukkan adanya diferensiasi fungsi jaringan, dengan palisade berperan utama dalam fotosintesis karena mengandung banyak kloroplas (Pangemanan *et al*., 2022). Permukaan abaksial daun juga ditutupi trikoma non glandular. Ketebalan daerah *intercostal* pada daun tua 368,72 ± 5,35 µm lebih tebal dibandingkan daun muda 311,88 ± 45,66 µm.

Epidermis *intercostal* pada sisi adaksial dan abaksial berbentuk persegi. Tebal epidermis atas dan bawah *intercostal* daun muda 26,11 ± 1,66 µm dan 23,12 ± 2,03 µm. Pada *intercostal* tua epidermis adaksial 28,34 ± 2,02 µm dan abaksial 23,01 ± 4,74 µm. Jaringan hipodermis ditemukan pada epidermis adaksial dan abaksial serta berperan dalam penyimpanan air (Tihurua *et al*., 2020). Pada bagian hipodermis atas *intercostal* daun muda dan tua, dijumpai kristal kalsium oksalat berbentuk prisma. Hal ini sesuai dengan penelitian Triet *et al.,* (2025), pada epidermis daun *C. pictus* dan *H. speciosa* (Costaceae) ditemukan kristal kalsium oksalat bentuk prisma. Kristal kalsium oksalat berfungsi menjaga keseimbangan kalsium, membantu fotosintesis, serta mengatur kadar kalsium dalam tanaman. Selain itu, kristal ini juga dapat menyimpan logam berat, melindungi dari herbivora, dan berperan dalam kematian sel terprogram (Lawrie *et al*., 2023). Pada bagian abaksial, *intercostal* daun muda dan tua terdapat trikoma non glandular multiseluler dengan bentuk panjang meruncing dan bersel banyak. Keberadaan trikoma sebagai struktur epidermal merupakan ciri anatomi umum yang berperan sebagai perlindungan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Han *et al*., 2022).

Struktur anatomi tepi daun pacing berbentuk lancip dan sedikit memanjang kearah bawah. Struktur jaringan tepi daun muda dan tua terdiri dari epidermis adaksial dan abaksial, hipodermis, jaringan palisade, bunga karang, berkas pengangkut dan hipodermis yang memiliki beberapa kristal kalsium oksalat berbentuk prisma (Gambar 2A, 2B). Ketebalan tepi daun muda yaitu 265,27 ± 12,53 µm dan tebal tepi daun tua yaitu 312,01 ± 12,91 µm. Epidermis adaksial dan abaksial tepi daun berbentuk persegi dengan tebal epidermis adaksial dan abaksial daun muda yaitu 26,19 ± 2,16 µm dan 20,57 ± 2,09 µm, sedangkan epidermis adaksial dan abaksial daun tua yaitu 30,66 ± 3,06 µm dan 17,91± 1,23 µm. Peningkatan ketebalan ini menunjukkan adanya perkembangan struktur jaringan daun selama proses pematangan. Menurut (Anggraini *et al*., 2021), ketebalan daun mempengaruhi karakteristik fisiologis daun yaitu laju transpirasi pada tanaman. Mesofil pada bagian tepi daun terbagi menjadi jaringan palisade dan bunga karang. Jaringan bunga karang memiliki susunan renggang dengan ruang antarsel yang luas sehingga menunjang pertukaran gas (Shewale *et al*., 2022). Ketebalan jaringan palisade daun muda 59,11 ± 19,16 µm yaitu dan daun tua 83,52 ± 8,03 µm, sedangkan tebal bunga karang daun muda 54,92 ± 5,36 µm yaitu dan tua 81,32 ± 10,03 µm.

Struktur anatomi tangkai daun memiliki bentuk hati/segitiga membulat dengan permukaan adaksial daun muda hampir lurus dan daun tua kurang lebih cekung dengan permukaan abaksial cembung (Gambar 3).



Gambar 3. Anatomi tangkai daun fase muda dan tua.(A,B) Epidermis adaksial dan abaksial muda, (C,D) Epidermis adaksial dan abaksial tua, (E,F) Trikoma muda dan tua, (Ku) Kutikula, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas pengangkut, (Kol) Kolenkim, (Par) Parenkim, (Sk) Sklerenkim, (F) Floem, (X) Xilem, (Tng) Trikoma nonglandular, (Tg) Trikoma glandular

Ketebalan tangkai daun tua yaitu 1903,17 ± 5,90 µm lebih tebal dibandingkan daun muda yaitu 1800,68 ± 56,51 µm, yang menunjukkan perkembangan struktur jaringan seiring pertambahan umur daun. Perubahan karakteristik morfologi daun, seperti ketebalan, Panjang jaringan palisade, dan luas permukaan daun, merupakan bentuk adaptasi tanaman terhadap rendahnya intensitas cahaya dan salah satu indikator toleransi terhadap naungan (Tanjung *et al*., 2023). Kondisi ini didukung oleh Feng *et al*. (2019) yang menjelaskan bahwa struktur daun berperan penting dalam merespons kondisi

pencahayaan. Penyesuaian pada anatomi daun memungkinkan tanaman beradaptasi lebih baik ketika tumbuh di lingkungan yang mengalami keterbatan cahaya akibat naungan.

Epidermis adaksial dan abaksial tangkai daun muda dan tua memiliki bentuk persegi dengan ketebalan yang berbeda-beda. Epidermis adaksial pada tangkai daun memiliki ketebalan lebih tinggi dibandingkan epidermis abaksial, baik pada daun muda maupun daun tua. Pada tangkai daun muda memiliki tebal 30,29 ± 2,27 µm lebih tinggi dibandingkan epidermis abaksial 25,22 ± 2,78 µm. Pada tangkai daun tua, tebal epidermis atas 34,44 ± 6,63 µm dan tebal epidermis abaksial 25,99 ± 2,98 µm. Jaringan epidermis terletak pada lapisan luar dan tersusun atas sel-sel yang rapat serta teratur. Jaringan ini berfungsi sebagai pelindung terhadap lingkungan luar (Sanjayati *et al*., 2026). Berkas pengangkut pada tangkai daun tersusun dalam jumlah banyak dan tersebar membentuk pola melingkar mengikuti bentuk tangkai daun. Tipe berkas pengangkut pada tangkai daun yaitu kolateral tertutup, dengan jaringan xilem terletak di bagian dalam (menghadap ke pusat), sedangkan floem berada di bagian luar, tanpa adanya kambium di antara keduanya (Gambar 3A, 3D).

Trikoma terdapat pada permukaan adaksial dan abaksial (Gambar 3C, 3F) yaitu trikoma nonglandular multiseluler dengan ciri dasar ujung yang panjang meruncing dengan sekat dan trikoma glandular peltat pada bagian abaksial. Trikoma daun muda lebih panjang dan rapat daripada daun tua. Menurut Almeida *et al*., (2020), kondisi kekeringan dapat memicu perubahan dimensi trikoma, yang mencakup Panjang dan lebarnya. Perubahan morfologi tersebut berkaitan dengan fungsi trikoma sebagai struktur pelindung yang membantu mengurangi kehilangan air melalui penguapan berlebih.

Trikoma nonglandular berfungsi sebagai pelindung mekanis terhadap gangguan dari luar, seperti herbivora, radiasi berlebih, serta membantu mengurangi laju transpirasi. Sementara itu, trikoma glandular memiliki peran dalam menghasilkan dan mensekresikan senyawa metabolit sekunder yang berfungsi sebagai pertahanan kimia terhadap patogen dan serangga (Wang *et al*., 2021).

Struktur Paradermal Daun Pacing

Epidermis adaksial dan abaksial daun pacing memiliki bentuk poligonal tidak beraturan dengan 4-7 sisi dan dinding antiklinal (Gambar 4). Karakteristik tersebut sejalan dengan deskripsi yang dilaporkan oleh Triet *et al*. (2025) dan Saensouk *et. al*. (2025), permukaan adaksial dan abaksial epidermis *H. speciosa* (Costaceae) berbentuk poligonal dengan dinding antiklinal. Epidermis berperan utama sebagai pelindung terhadap gangguan mekanis dari lingkungan luar dan mengatur proses transpirasi serta pertukaran udara. Epidermis dapat mengalami diferensiasi menjadi berbagai bentuk khusus, seperti trikoma (rambut daun) dan sel penutup yang membentuk stomata (Hindriana & Handayani 2023).

Stomata pada pacing muda dan tua ditemukan pada kedua permukaan daun bagian adaksial dan abaksial yang disebut amfistomatik (Gambar 4 A-D). Permukaan adaksial dan abaksial daun pacing ditemukan stomata tipe parasitik dan tetrasitik. Sama halnya dengan penelitian Triet *et al*. (2025) dan Saensouk *et al.* (2024) pada permukaan abaksial daun yang sama *H. speciosa* (famili Costaceae) ditemukan stomata tipe parasitik dan tetrasitik. Bentuk sel penutup daun pacing berbentuk ginjal. Pada daun muda dan tua stomata bagian abaksial ditemukan lebih banyak dibandingkan bagian *adaksial* (Tabel 1). Kerapatan stomata pada daun dapat mengalami perubahan sebagai respon terhadap lingkungan, seperti tingkat pencahayaan, suhu, kelembapan, serta kadar CO2 di atmosfer (Perkasa *et al.,* 2017). Menurut Munir *et al*., (2022) tanaman terkena cekaman kekeringan akan terjadi kondisi penghambatan panjang daun yang bertujuan menghambat perluasan daun dan mengurangi jumlah stomata untuk pencegahan proses transpirasi berlebih.

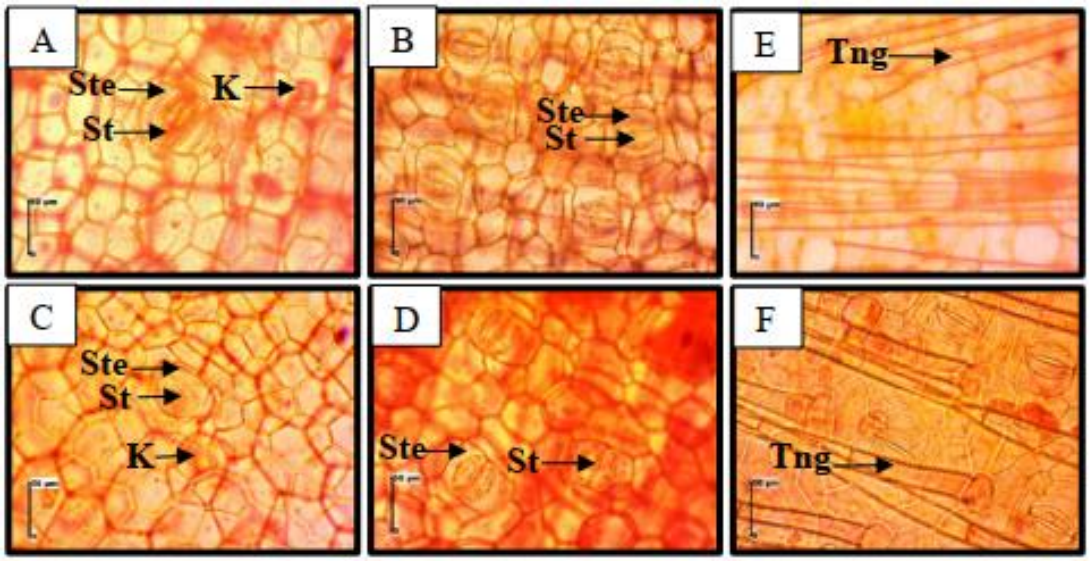
Kerapatan stomata pada permukaan adaksial daun muda lebih rendah dibandingkan daun tua menunjukkan adanya pengaruh tahap pertumbuhan terhadap perkembangan stomata (Tabel 1). Pada daun muda, proses pembelahan, diferensiasi, dan ekspansi sel epidermis masih berlangsung sehingga pembentukan stomata belum optimal. Seiring bertambahnya umur daun, perkembangan jaringan epidermis menjadi lebih sempurna sehingga jumlah stomata meningkat pada daun tua (Sultana *et al*., 2024). Cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya stomata pada daun. Secara umum kerapatan stomata sisi abaksial lebih banyak dibandingkan dengan sisi adaksial. Hal ini sama dengan penelitian Herjayanti *et al.,* (2022), pada daun *Biophytum* (famili Oxalidaceae) memiliki stomata abaksial yang lebih banyak dibandingkan adaksial.

Sayatan paradermal daun pacing dijumpai trikoma non glandular multiseluler pada

permukaan *abaksial* daun (Gambar 4E, 4F). Hal ini sejalan dengan Riyas & Mathew (2018) serta Saensouk *et al*. (2024) yang melaporkan keberadaan trikoma multiseluler pada permukaan abaksial daun *H. lacera* dan *H. speciosa* (famili Costaceae). Daun muda menunjukkan kerapatan trikoma non glandular yang lebih tinggi dibandingkan daun tua (Tabel 1). Hasil penelitian ini sejalan dengan Saputri *et al*., (2023) yang menyatakan bahwa daun muda memiliki kerapatan trikoma lebih tinggi karena kondisi jaringan yang masih aktif secara fisiologis, sehingga fungsi perlindungan berlangsung lebih optimal. Hal ini sejalan dengan Haryanto & Supeno (2022), yang menyatakan bahwa daun dengan kerapatan trikoma rendah cenderung mengalami peningkatan populasi hama dan intensitas serangan, sedangkan daun dengan trikoma lebih rapat menunjukkan tingkat serangan yang lebih rendah.

Tabel 1. Kerapatan stomata dan indeks stomata pada daun muda dan daun tua pacing.

Tahap perkembangan daun	Kerapatan stomata (per mm^2)	Indeks stomata	Kerapatan trikoma nonglandular (per mm^2)
Adaksial daun muda	12,5 ± 0	1,95 ± 0,06	-
Abaksial daun muda	79,17 ± 7,22	11,30 ± 2,10	87,5 ± 12,5
Adaksial daun tua	20,83 ± 7,22	3,25 ± 0,95	-
Abaksial daun tua	70,83 ± 26,02	10,63 ± 3,46	58,33 ±7,21



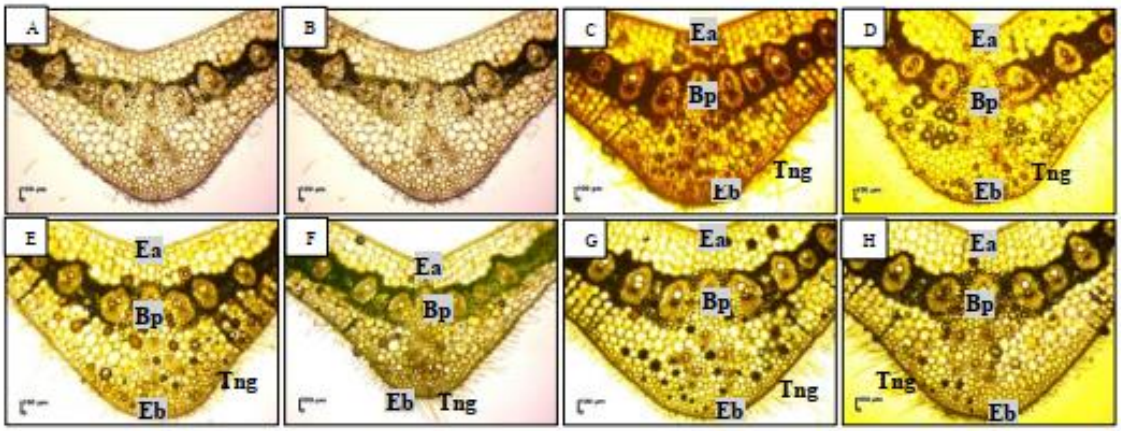
Gambar 4. Sayatan paradermal daun pacing.(A) Adaksial daun muda, (B) Abaksial daun muda, (C) Adaksial daun tua, (D) Abaksial daun tua, (E) Trikoma daun muda, (F) Trikoma daun tua, (St) Stomata, (Ste) Sel tetangga, (Tng) Trikoma nonglandular, (K) Kristal kalsium oksalat.

Struktur Histokimia Daun

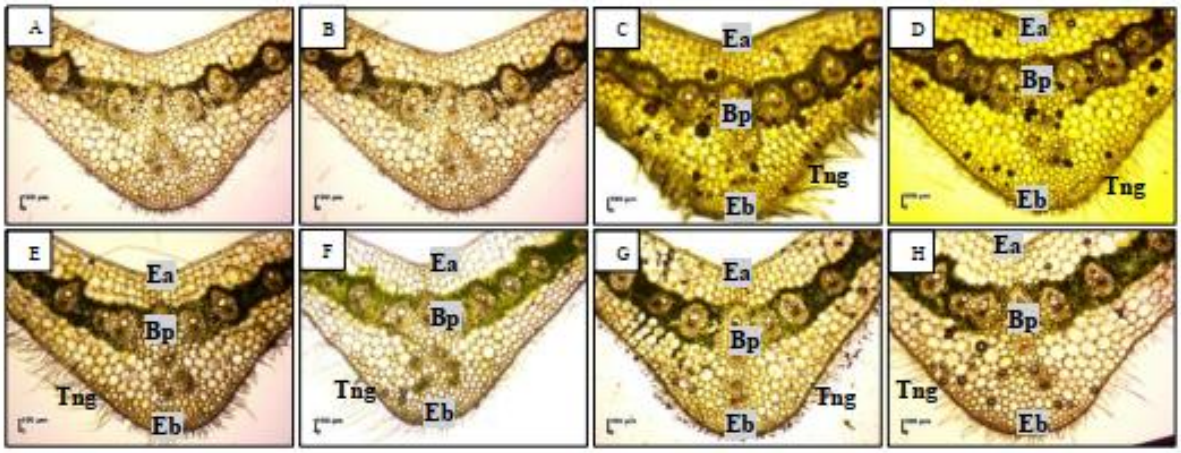
Hasil uji histokimia pada daun pacing menunjukkan variasi tingkat kepekatan reaksi antarbagian daun. Hasil pengamatan histokimia menunjukkan adanya kandungan senyawa pada bagian ibu tulang daun, *intercostal*, tepi daun, dan tangkai daun. Ibu tulang menunjukkan kepekatan antar senyawa yang berbeda (Gambar 5 dan 6). Senyawa alkaloid pada ibu tulang daun tersebar di seluruh jaringan, tetapi memiliki intensitas kepekatan yang bervariasi pada setiap jaringan. Senyawa alkaloid pada ibu tulang daun muda dan tua paling banyak ditemukan di jaringan sklerenkim (++++), secara keseluruhan ibu tulang daun muda paling banyak mengandung senyawa alkaloid dibandingkan daun tua.

Hasil identifikasi flavonoid menunjukkan bahwa daun muda paling banyak terdeteksi pada jaringan kolenkim, sedangkan pada daun tua terdapat pada jaringan epidermis atas. Senyawa fenol dan tanin paling banyak ditemukan pada daun tua di jaringan sklerenkim (++++) (Tabel 2), Sementara itu, senyawa terpenoid paling banyak ditemukan pada jaringan sklerenkim daun muda. Berbeda dengan senyawa lainnya, lipid hanya teridentifikasi pada daun tua dan paling banyak di jaringan epidermis bawah (+++) (Tabel 2). Uji histokimia *intercostal* daun hampir seluruh bagian mengandung senyawa

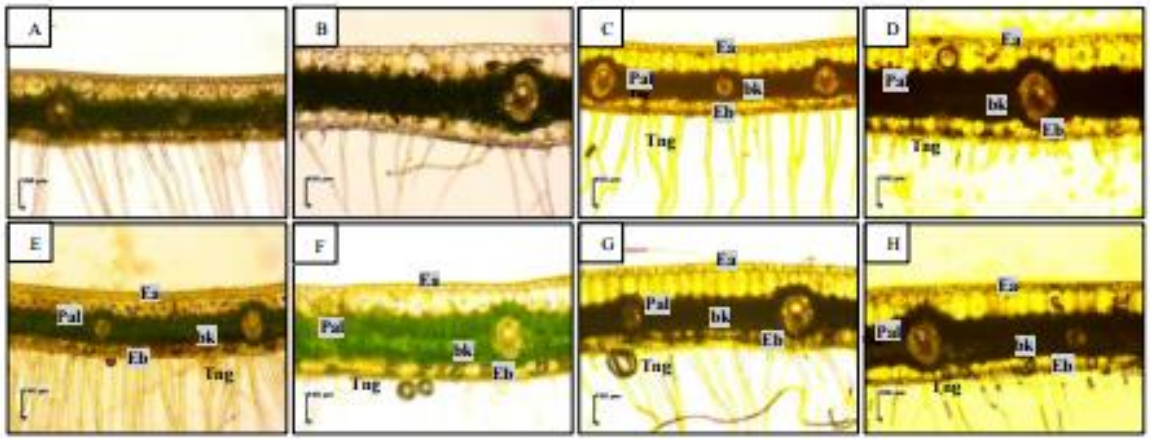
kecuali senyawa lipid yang tidak terdeteksi pada jaringan tersebut (Gambar 7 dan 8).



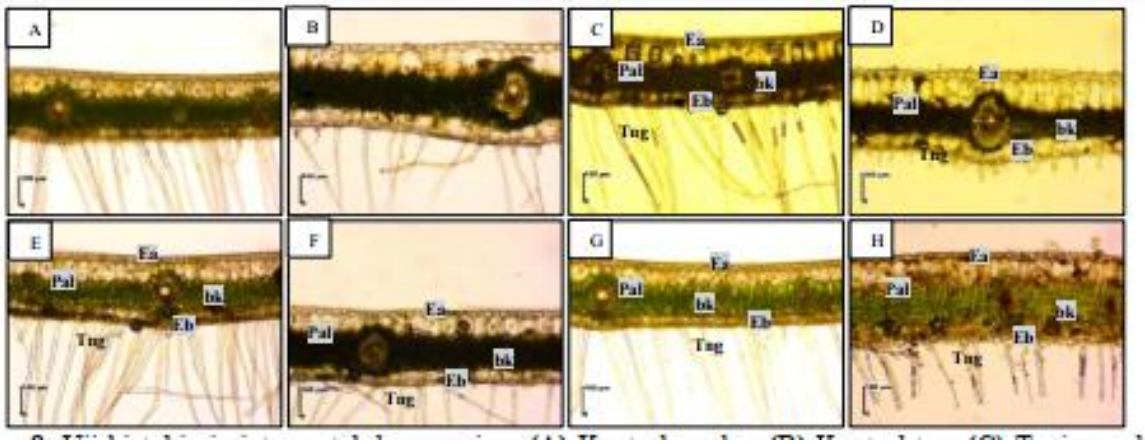
Gambar 5. Hasil uji histokimia ibu tulang daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji alkaloid daun muda dan tua, (E,F) Uji flavonoid daun muda dan tua, (G,H) Uji fenol daun muda dan tua, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Bp) Berkas pengangkut, (Tng) Trikoma nonglandular.



Gambar 6. Hasil uji histokimia ibu tulang daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji tanin daun muda dan tua, (E,F) Uji terpenoid daun muda dan tua, (G,H) Uji lipid daun muda dan tua, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Bp) Berkas pengangkut, (Tng) Trikoma nonglandular.



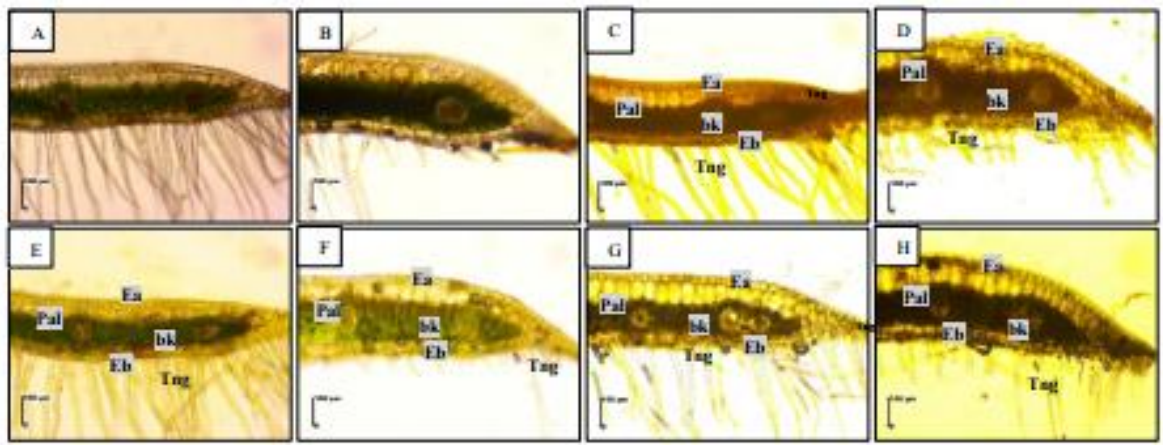
Gambar 7. Hasil uji histokimia intercostal daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji alkaloid daun muda dan tua, (E,F) Uji flavonoid daun muda dan tua, (G,H) Uji fenol daun muda dan tua, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Bp) Berkas pengangkut, (bk) Bunga karang, (Tng) Trikoma nonglandular.



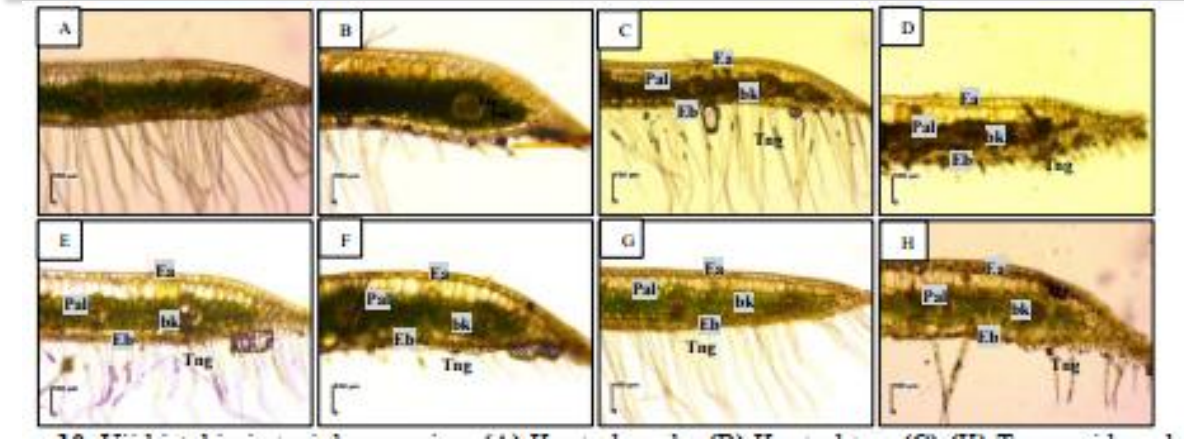
Gambar 8. Hasil uji histokimia intercostal daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji tanin daun muda dan tua, (E,F) Uji terpenoid daun muda dan tua, (G,H) Uji lipid daun muda dan tua, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Bp) Berkas pengangkut, (bk) Bunga karang, (Tng) Trikoma nonglandular.

Uji alkaloid ditemukan pada seluruh jaringan baik daun muda dan daun tua. Intensitas alkaloid tertinggi ditemukan pada jaringan palisade dan bunga karang daun tua dengan kepekatan sangat tinggi (++++). Uji flavonoid terdeteksi hampir pada semua jaringan dengan paling banyak ditemukan pada daun muda di jaringan trikoma nonglandular (Tabel 3). Uji fenol terdapat hampir pada semua jaringan dengan dengan daun tua paling banyak dijaringan palisade dan bunga karang (++++). Uji tanin terdapat hampir pada semua jaringan dengan daun muda paling banyak dijaringan palisade dan bunga karang (++++) (Tabel 3). Uji terpenoid ditemukan hampir semua jaringan dengan daun tua paling banyak ditemukan di jaringan palisade (+++), sedangkan daun muda dan tua tidak terdeteksi senyawa lipid.

Hasil uji histokimia pada bagian tepi daun pacing menunjukkan reaksi positif pada beberapa jaringan (Gambar 9 dan 10). Uji senyawa alkaloid terdeteksi pada seluruh jaringan, baik pada daun muda maupun daun tua (Tabel 4). Uji alkaloid daun paling banyak ditemukan pada daun muda di jaringan palasade, bunga karang, xilem dan floem (+++). Uji senyawa flavonoid teridasi hampir semua jaringan daun muda dan tua. Intensitas tertinggi senyawa tersebut ditemukan pada jaringan epidermis adaksial dan epidermis abaksial (+++). Uji senyawa fenol dan tanin hampir ditemukan pada semua jaringan daun muda dan tua. Uji senyawa fenol dan tanin paling banyak ditemukan pada jaringan palisade dan bunga karang. Uji senyawa terpenoid terindikasi pada daun tua yang lebih banyak di jaringaan Xilem (+++).



Gambar 9. Uji histokimia tepi daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji alkaloid daun muda dan tua, (E,F) Uji flavonoid daun muda dan tua, (G,H) Uji fenol daun muda dan tua, (Ea) Epidermis adaksial, (Eb) Epidermis abaksial, (Bp) Berkas pengangkut, (bk) Bunga karang, (Tng) Trikoma nonglandular.

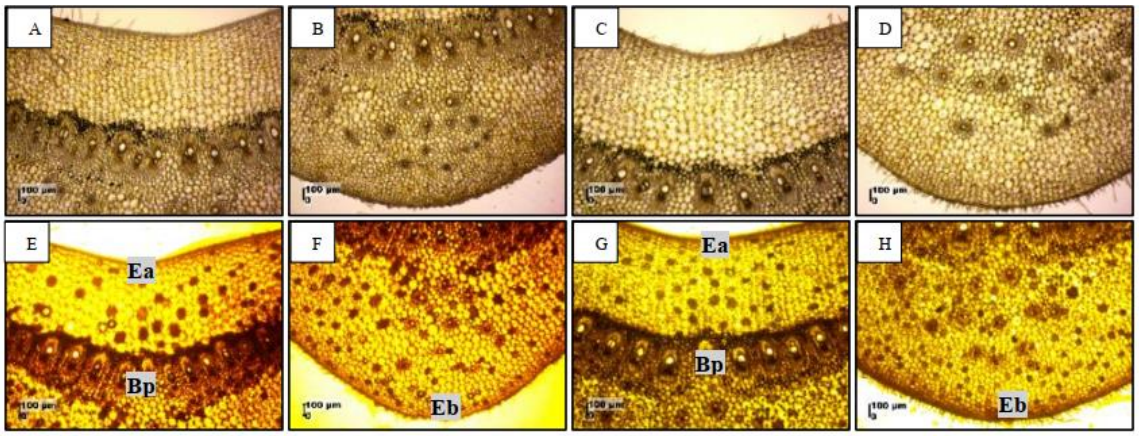


Gambar 10. Uji histokimia tepi daun pacing. (A,B) Kontrol daun muda dan tua, (C,D) Uji tanin daun muda dan tua, (E,F) Uji terpenoid daun muda dan tua, (G,H) Uji lipid daun muda dan tua (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas pengangkut, (bk) Bunga karang, (Tng) Trikoma nonglandular.

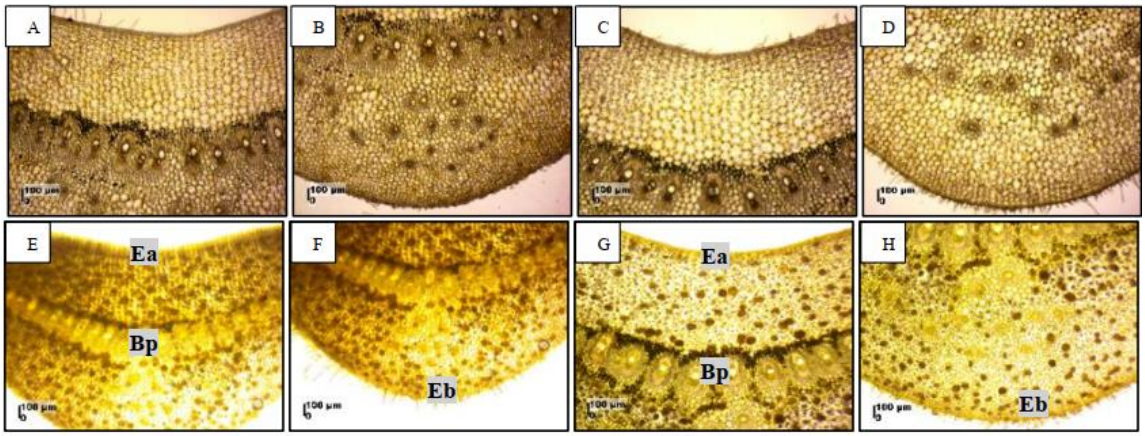
Uji histokimia tangkai daun terdeteksi senyawa alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, terpenoid dan lipid (Gambar 11-16). Uji senyawa alkaloid lebih banyak diterdeteksi pada daun muda di jaringan sklerenkim (++++). Senyawa flavonoid tersebar hampir seluruh jaringan daun, baik pada fase muda maupun tua. Keberadaan flavonoid dengan intensitas tertinggi terdapat pada jaringan epidermis atas dan xilem daun muda (++++). Uji fenol paling banyak ditemukan pada daun muda dijaringan epidermis bawah (++++). Uji senyawa tanin paling banyak ditemukann pada daun muda di jaringan trikoma non glandular (+++) (Tabel 5). Hal ini sesuai dengan Sushma *et al*. (2019), pada daun *C. pictus* (famili Costaceae) menunjukkan adanya kandungan senyawa tanin. Uji senyawa terpenoid paling banyak ditemukan di daun tua di jaringan sklerenkim (+++). Uji senyawa lipid terdapat pada daun muda dan tua dengan dau tua paling tinggi terdapat pada jaringan epidermis bawah dan kolenkim (+++).

Hasil identifikasi alkaloid pada daun pacing didukukng ileh penelitian Samosir *et al*. (2025), yang melaporkan bahwa hasil skrining fitokimia daun pacing menunjukkan adanya berbagai jenis metabolit sekunder, termasuk senyawa alkaloid. Senyawa yang termasuk dalam golongan alkaloid bermanfaat untuk kesehatan sebagai antioksidan, hepatoprotektor, analgesik, antimikroba, antiinflamasi, antidiare, antifungal dan antimalaria (Debnath *et al*., 2018).

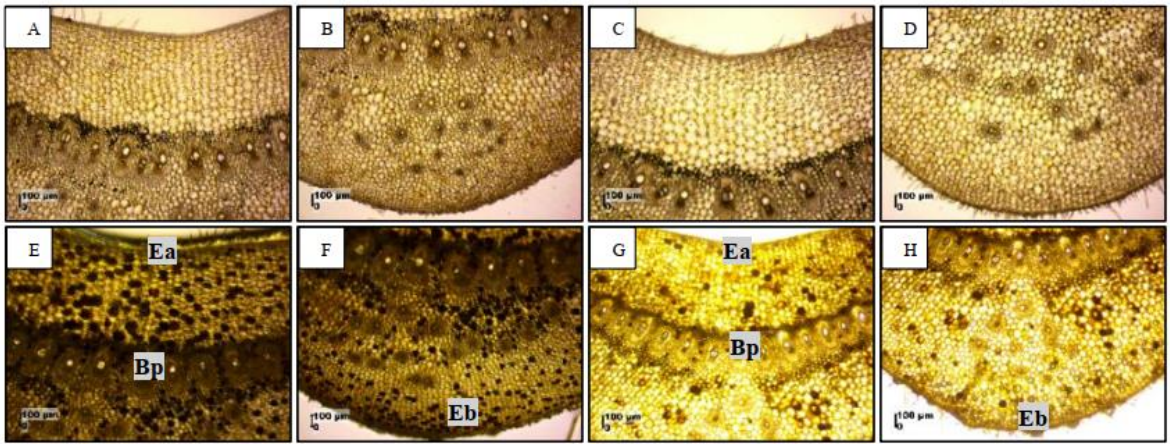
Flavonoid berperan dalam melindungi jaringan daun dari paparan radiasi ultraviolet (UV) yang berlebihan serta tekanan oksidatif yang dihasilkan selama proses fotosintesis (Shomali *et al.,* 2022). Senyawa ini juga memiliki potensi antioksidan yang tinggi melalui mekanisme penangkapan radikal bebas, penghambatan proses peroksidasi lipid, serta peningkatkan kapasitas antioksidan endogen sehingga dapat mencegah kerusakan sel akibat stres oksidatif (Putri *et al.,* 2023).



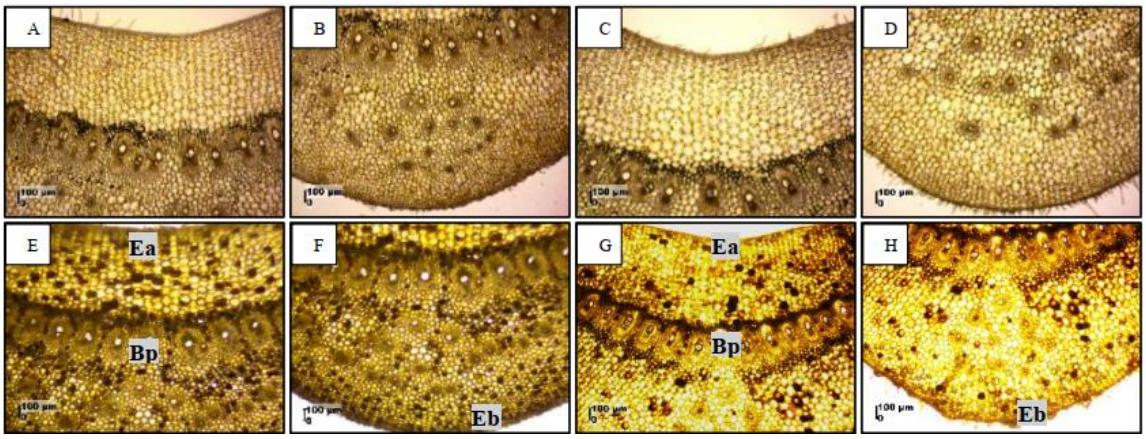
Gambar 11. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda , (C,D) Kontrol tua, (E,F) Alkaloid muda, (G,H) Alkaloid tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.



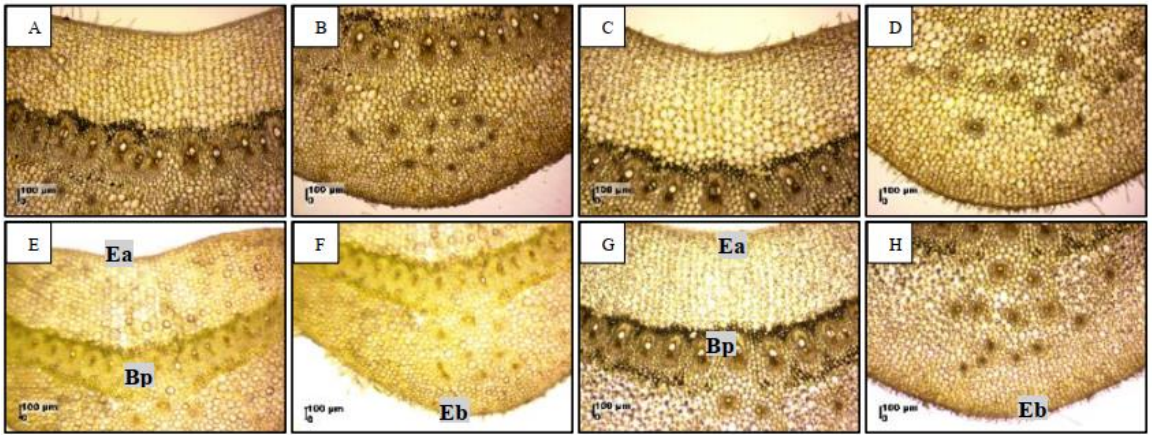
Gambar 12. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda , (C,D) Kontrol tua, (E,F) Flavonoid muda, (G,H) Flavonoid tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.



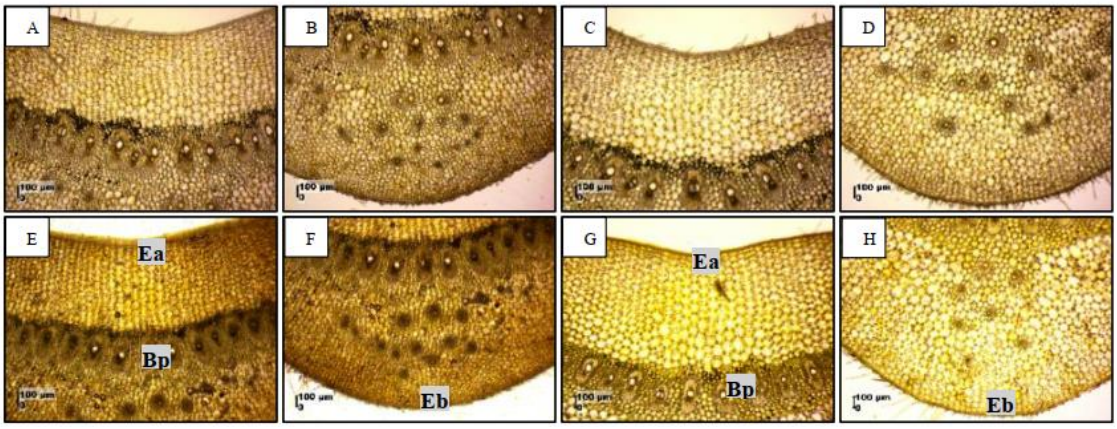
Gambar 13. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda, (C,D) Kontrol tua, (E,F) Fenol muda, (G,H) Fenol tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.



Gambar 14. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda, (C,D) Kontrol tua, (E,F) Tanin muda, (G,H) Tanin tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.



Gambar 15. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda, (C,D) Kontrol tua, (E,F) Terpenoid muda, (G,H) Terpenoid tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.



Gambar 16. Uji histokimia tangkai daun pacing. (A,B) Kontrol muda, (C,D) Kontrol tua, (E,F) Lipid muda, (G,H) Lipid tua, (Ea) Epidermis atas, (Eb) Epidermis bawah, (Bp) Berkas Pengangkut.

Tanin memiliki berbagai manfaat dalam bidang kesehatan, diantaranya sebagai astringen, antidiare, dan diuretik, serta digunakan dalam penanganan gangguan lambung dan tumor duodenum. Senyawa ini juga dilaporkan mempunyai aktivitas antiinflamasi, antiseptik, antibakteri, antivirus, serta hemostatik (Musman *et al*., 2015). Selain itu, senyawa fenolik memiliki potensi sebagai antiseptik dan diketahui menunjukkan aktivitas antioksidan serta anti inflamasi (Truong *et al*., 2019).

Keberadaan terpenoid memiliki berbagai fungsi biologis dan aplikatif, antara lain sebagai senyawa aromatik, agen pengusir serangga, serta bahan baku dalam produk perawatan kulit. Dari sisi medis, terpenoid diketahui memiliki aktivitas farmakologis seperti antiinflamasi, antibakteri, antijamur, hingga berpotensi sebagai agen antidemensia (Cox-Georgian *et al*., 2019). Lipid pada tumbuhan berfungsi sebagai komponen utama penyusun membran sel, cadangan energi, serta molekul sinyal yang mengatur berbagai proses metabolisme. Lipid umumnya terakumulasi pada jaringan tertentu seperti membran sel, jaringan sekretori,dan lapisan kutikula yang berperan dalam perlindungan terhadap kehilangan air (Kim, 2020).

Tabel 2. Hasil uji histokimia ibu tulang daun (*midrib*)

Sel/jaringan	Alkaloid		Flavonoid		Fenol		Tanin		Terpenoid		Lipid	
	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua
Epidermis atas	+++	++	++++	++++	+	+++	++	++	-	-	-	-
Epidermis bawah	+++	+++	+++	-	++	++	-	+	+++	+	-	+++
Kolenkim	+++	+	++++	++	++	+	-	-	+	-	-	+

Sel/jaringan	Alkaloid		Flavonoid		Fenol		Tanin		Terpenoid		Lipid	
	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua
Parenkim	+	+	+++	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Sklerenkim	++++	++++	-	-	++++	++++	+++	++++	++++	-	-	-
Xilem	+	+	+++	++	-	-	-	-	+	-	-	+
Floem	++	+	+++	+++	-	+	-	-	+	-	-	+
Trikoma non glandular	++	+	++	+	-	++	-	-	-	-	-	++

Keterangan: (-) tidak terdeteksi senyawa, (+) rendah, (++) sedang, (+++) tinggi, dan (++++) sangat tinggi.

Tabel 3. Hasil uji histokimia *intercostal*

Sel/jaringan	Alkaloid		Flavonoid		Fenol		Tanin		Terpenoid		Lipid	
	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua
Epidermis atas	+	+	+++	++++	-	++	+	-	+	+	-	-
Epidermis bawah	++	++	+++	++	+	+	+++	-	++	-	-	-
Kolenkim	+++	++++	-	-	++	++++	++++	+++	-	+++	-	-
Parenkim	+++	++++	-	-	++	++++	++++	+++	++	++	-	-
Sklerenkim	+++	++	++	+	+	+	++	-	-	++	-	-
Xilem	+	++	++	+++	+	+	+	-	+	++	-	-
Floem	+	+	++++	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Trikoma non glandular												

Keterangan: (-) tidak terdeteksi senyawa, (+) rendah, (++) sedang, (+++) tinggi, dan (++++) sangat tingi

Tabel 4. Hasil uji histokimia tepi daun *(margin)*

Sel/jaringan	Alkaloid		Flavonoid		Fenol		Tanin		Terpenoid		Lipid	
	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua
Epidermis atas	++	+	+++	+++	-	-	+	-	+	+	-	-
Epidermis bawah	++	++	+++	+	++	++	+	++	++	-	-	-
Kolenkim	+++	+++	-	-	+++	+++	++++	++++	-	++	-	-
Parenkim	+++	+++	-	-	+++	+++	++	++	-	++	-	-
Sklerenkim	+++	++	+	+	+++	+++	+++	++	-	+++	-	-
Xilem	+++	++	+	++	++	++	++	+	+++	++	-	-
Floem	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trikoma non glandular												

Keterangan: (-) tidak terdeteksi senyawa, (+) rendah, (++) sedang, (+++) tinggi, dan (++++) sangat tinggi.

Tabel 5. Hasil uji histokimia tangkai daun *(petiol)*

Sel/jaringan	Alkaloid		Flavonoid		Fenol		Tanin		Terpenoid		Lipid	
	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua	Muda	Tua
Epidermis atas	+++	++	++++	++	+++	+	+	-	-	-	-	-
Epidermis bawah	+++	++	+++	++++	++++	+	-	-	+	-	-	+++
Kolenkim	+++	++	+++	+	+	+	+	-	-	++	+	+++
Parenkim	+	+	+++	+	+++	-	-	-	-	-	-	-
Sklerenkim	++++	+++	-	-	+++	+++	++	++	+	+++	-	-
Xilem	+	++	++++	++	+++	+	-	-	++	++	+	-
Floem	+++	+	+	+	++	-	-	-	+	-	-	-
Trikoma non glandular	++	+	+	+	+	-	+++	-	+	-	-	-

Keterangan: (-) tidak terdeteksi senyawa, (+) rendah, (++) sedang, (+++) tinggi, dan (++++) sangat tinggi.

Kesimpulan

Daun *Hellenia speciosa* pada dua tahap perkembangan memiliki struktur anatomi yang meliputi ibu tulang daun (*midrib*), intercostal, tepi daun (*margin*), dan tangkai daun (*petiole*), dengan jaringan dermal, jaringan dasar, dan jaringan pembuluh. Daun bersifat amfistomatik dengan stomata tipe parasitik dan tetrasitik serta memiliki trikoma non-glandular multiseluler pada permukaan abaksial. Uji histokimia menunjukkan reaksi positif terhadap alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, terpenoid, dan lipid pada kedua tahap perkembangan daun. Perbedaan intensitas warna antar jaringan dan tahap perkembangan bersifat kualitatif dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan perbedaan konsentrasi metabolit. Hasil penelitian ini masih dibatasi oleh penggunaan metode *free-hand section* dan uji histokimia kualitatif, sehingga diperlukan analisis kuantitatif untuk mengonfirmasi kandungan metabolit untuk karakterisasi farmakognostik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

Almeida, V. P., Raman, V., Raeski, P., Urban, A., Swiech, J., Miguel, M., & Budel, J. (2020). Anatomy, micromorphology, and histochemistry of leaves and stems of *Cantinoa althaeifolia* (Lamiaceae). *Microscopy Research and Technique, 83*(5), 551–557. https://doi.org/10.1002/jemt.23444

Anggraini, R., Selaras, G. H., & Fuadiyah, S. (2021). Comparison of the transpiration rate between begonia (*Begonia* sp.) and white jasmine (*Jasminum sambac* L.) using the water vapor collection method. *Prosiding SEMNAS BIO 01*, 673–678.

Azlina, R., & Iriani, D. (2024). Analisis struktur anatomi dan histokimia daun tanaman buah makassar (*Brucea javanica* (L.) Merr.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi, 9*(2), 137–147. https://doi.org/10.14710/baf.9.2.2024.137-147

Chen, T. V., Lam, D. N. X., Khai, H. D., Duc, D. P. N., Nga, N. T., Hien, N. T. T., & Quynh, T. T. T. (2024). Micromorphology, physicochemical parameters, and phytochemical screening of *Chloranthus flavus* DT Liu & G. Chen (syn. *C. nervosus* Collett & Hemsl.) from Vietnam. *Biodiversitas, 25*(2), 846–858. https://doi.org/10.13057/biodiv/d250245

Costa, Y. O. D., & Daningsih, E. (2022). Ketebalan daun dan laju transpirasi pada tanaman hias dikotil. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 27*(1), 40–47. https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.40

Cox-Georgian, D., Ramadoss, N., Dona, C., & Basu, C. (2019). Therapeutic and medicinal uses of terpenes. In *Medicinal plants: From farm to pharmacy* (pp. 333–359). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5_15

Feng, L., Raza, M. A. Z., Li, Y. C., Khalid, M. H. B., Du, J., Liu, W., Wu, X., Song, C., Han, G., Li, Y., Yang, Z., Wang, C., Zhang, Y., & Wang, B. (2022). Molecular mechanisms of plant trichome development. *Frontiers in Plant Science, 13*, Article 910228. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.910228

Haryanto, H., & Supeno, B. (2022). Populasi dan intensitas serangan hama kumbang perusak daun (*Phyllotreta vittata* F.) pada empat jenis tanaman sawi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek, 1*(1), 38–47. https://doi.org/10.29303/jima.v1i1.1215

Herjayanti, N., Sulistiyaningsih, Y. C., Megia, R., & Hartana, A. (2022). Anatomi daun beberapa jenis *Biophytum* (Oxalidaceae) di Indonesia berdasarkan letak stomata dan bentuk dinding sel epidermis. *Floribunda, 7*(1), 30–35. https://doi.org/10.32556/floribunda.v7i(1).2022.373

Hindriana, A. F., & Handayani. (2023). *Anatomi tumbuhan*. Literasi Nusantara Abadi Grup.

Huda, M. F., Putri, R. T. H., & Meishanti, O. P. Y. (2023). Identifikasi senyawa dan struktur anatomi tanaman melalui uji mikrokimia pada sepuluh jenis tanaman yang berbeda. *EDUSCOPE: Jurnal Pendidikan, Pembelajaran, dan Teknologi, 8*(2), 44–54. https://doi.org/10.32764/eduscope.v8i2.3601

Kim, H. U. (2020). Lipid metabolism in plants. *Plants, 9*(7), Article 871. https://doi.org/10.3390/plants9070871

Kodagoda, Y. K., Jayasinghe, C. V. L., & Dharmadasa, R. M. (2023). In vitro antioxidant activity and antidiabetic potential of five spiral ginger (*Costus speciosus* (J. Koenig) Sm.) populations available in Sri Lanka. *Journal of Agriculture and Food Research, 12*, Article 100553. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100553

Lawrie, N. S., Cuetos, N. M., Sini, F., Salam, G. A., Ding, H., Vancolen, A., Nelson, J. M., Erkens, R. H. J., & Perversi, G. (2023). Systematic review on raphide morphotype calcium oxalate crystals in angiosperms. *AoB PLANTS, 15*(4), Article plad031. https://doi.org/10.1093/aobpla/plad031

Ministry of Health. (2017). *Vietnamese pharmacopoeia V*. Medical Publishing House.

Munir, M. S., Avivi, S., & Soeparjono, S. (2022). Pengaruh dosis pupuk KCl dan berbagai level penyiraman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pre-nursery. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences, 6*(1), 62–72. https://doi.org/10.25047/agriprima.v4i2.375

Musman, M., Rahmad, A., Dewiyanti, I., Sofia, C., & Sulistiono, H. (2015). A comparative study on the efficacy of mixed tannins, hydrolysable tannins, and condensed tannins of *Avicennia marina* as anti-ectoparasite against *Trichodina* sp. *AACL Bioflux, 8*(1), 50–56. https://www.bioflux.com.ro/aacl

Navia, Z. I., Adnan, A., Harmawan, T., & Suwardi, A. B. (2022). Ethnobotanical study of wild medicinal plants in Serbajadi protected forest of East Aceh District, Indonesia. *Biodiversitas, 23*(10). https://doi.org/10.13057/biodiv/d231001

Nurlita, D., Putri, I. L. E., & Chatri, M. (2025). Analisis kerapatan vegetasi hutan di Gunung Padang untuk memahami ekosistem. *Jurnal Biosense, 8*(2), 118–130. https://doi.org/10.36526/biosense.v8i2.5124

Pangemanan, E. F. S., Ratag, S. P., & Lasut, M. T. (2022). Comparative anatomy of leaves of several types of *Ficus*. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan, 3*(2), 382–387. https://doi.org/10.35791/jat.v3i2.44519

Perkasa, A. Y., Siswanto, T., Shintarika, F., & Aji, T. G. (2017). Studi identifikasi stomata pada kelompok tanaman C3, C4, dan CAM. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture), 1*(1), 12–21.

Pradana, A. W. S., Samiyarsih, J. S., & Muljowati. (2017). Korelasi karakter anatomi daun ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) kultivatur tahan dan tidak tahan terhadap intensitas penyakit kudis daun. *Scripta Biologica, 4*(1), 21–29. https://doi.org/10.20884/1.SB.2017.4.1.381

Putri, J. Y., Nastiti, K., & Hidayah, N. (2023). Pengaruh pelarut etanol 70% dan metanol terhadap kadar flavonoid total (*Annona muricata* Linn.). *Journal of Pharmaceutical Care and Sciences, 3*(2), 20–29. https://doi.org/10.33859/jpcs.v3i2.235

Ramya, R., & Dhamotharan, R. (2019). In vitro and in vivo animal model for screening antidiabetic activity of *Hellenia speciosa* (J. Koenig) S. R. Dutta. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 10*(11), 5016–5024. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(11).5016-24

Riyas, C. T., & Mathew, D. (2018). Comparative macroscopic and microscopic foliar characterization of twelve species belonging to four genera in the family Costaceae. *International Journal of Research and Analytical Reviews, 5*(4), 753–758.

Saensouk, P., Appamaraka, S., Boonma, T., Niamngon, P., Niamngon, T., Ragsasilp, A., Rakarcha, S., Koompoot, K., Setyawan, A. D., Chaveerach, A., & Saensouk, S. (2024). Diversity, traditional uses, chromosome number, pollen, and leaf anatomy of the genus *Hellenia* in Ubon Ratchathani Province, Thailand. *Asian Journal of Agriculture and Biology*. https://doi.org/10.35495/ajab.2024.216

Saensouk, P., Saensouk, S., Niamngon, P., & Rakarcha, S. (2025). Biological resource and traditional uses of the genus *Hellenia* in Thailand with a new variety from Thailand. *Tropical Journal of Natural Product Research, 9*(1). https://doi.org/10.26538/tjnpr/v9i1.29

Samosir, S. R., & Syari, D. M. (2025). Analisis potensi hasil fraksinasi dari ekstrak etanol

daun pacing (*Costus spicatus* (Jacq.) Sw.) sebagai bahan baku obat herbal terhadap uji aktivitas pertumbuhan rambut kelinci. *Insologi, 4*(5), 1321–1335. https://doi.org/10.55123/insologi.v4i5.6582

Sanjayanti, A., Fadhillah, M., Alamsyah, M., Fauzi, F., & Ahmad, D. N. (2026). Karakter morfologi dan anatomi kelopak bunga spesies famili Apocynaceae. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal, 6*(1), 1–7. https://doi.org/10.30998/edubiologia.v6i1.2151

Saputri, D., Putri, N. A., & Lisa, M. (2023). Studi anatomi trikoma daun pada famili Cucurbitaceae. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Inovasi Sains & Pembelajarannya* (Vol. 11, No. 1).

Sass, J. E. (1951). *Botanical microtechnique* (2nd ed.). The Iowa State College Press.

Shaikh, S. S., Bawazir, A. S., & Yahya, B. A. (2022). Phytochemical, histochemical and in vitro antimicrobial study of various solvent extracts of *Costus speciosus* (J. Koenig) Sm. and *Costus pictus* D. Don. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 19*(2), 145–?. https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2021.02058

Shewale, S., Undale, V., Shelar, M., Pimple, B., Kuchekar, M., Bhalchim, V., & Warude, B. (2022). Morphological and anatomical characterization of *Plumeria obtusa* L.: An Ayurvedic medicinal plant. *Annals of Phytomedicine, 11*(2), 787–793. https://doi.org/10.54085/ap.2022.11.2.97

Shomali, A., Das, S., Arif, N., Sarraf, M., Zahra, N., Yadav, V., Aliniaeifard, S., Chauhan, D. K., & Hasanuzzaman, M. (2022). Diverse physiological roles of flavonoids in plant environmental stress responses and tolerance. *Plants, 11*(22), Article 3158. https://doi.org/10.3390/plants11223158

Sofiyanti, N., Iriani, D., & Lestari, A. R. (2022). Kajian anatomi histokimia tangkai daun dan karakteristik epidermis pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.–Myrtaceae). *Buletin Anatomi dan Fisiologi, 7*(2), 83–90. https://doi.org/10.14710/baf.7.2.2022.83-90

Sultana, S. N., Jo, H., Song, J. T., Kim, K., & Lee, J. D. (2024). Stomatal density variation within and among different soybean cultivars across various growth stages. *Agriculture, 14*(11), Article 2028. https://doi.org/10.3390/agriculture14112028

Sushma, B. K., Ashalatha, K. S., Ray, P., & Raveesha, H. R. (2020). Histochemical and phytochemical analysis of medicinally important plants. *European Journal of Medicinal Plants, 30*(4), 1–13. https://hal.science/hal-05338295

Tania, S. F., Sukiman, Kurnianingsih, R., Julisaniah, N. I., & Sukenti, K. (2026). Ethnobotanical diversity and local knowledge of komak plants (Fabaceae) in West Lombok Regency, Indonesia. *Indonesian Journal of Tropical Biology, 2*(1), 18–25. https://doi.org/10.65622/ijtb.v2i1.277

Tanjung, D. D., Purnamawati, H., & Susila, A. D. (2023). Karakter daun buncis tegak sebagai respons adaptasi intensitas cahaya rendah. *Jurnal Agrosains dan Teknologi, 8*(1), 47–53. https://doi.org/10.24853/jat.8.1.47-53

Tihurua, E. F., Agustiani, E. L., & Rahmawati, K. (2020). Karakter anatomi daun sebagai bentuk adaptasi tumbuhan penyusun zonasi mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis, 23*(2), 255–264. https://doi.org/10.14710/jkt.v23i2.704

Triet, N. T., Van, C. T., Lam, D. N. X., Hien, N. T. T., Nga, N. T., & Quynh, T. T. T. (2025). Comparative micromorphology of *Costus pictus* and *Hellenia speciosa* collected from Vietnam. *Biodiversitas, 26*(1), 407–417. https://doi.org/10.13057/biodiv/d260140

Truong, D. H., Nguyen, D. H., Ta, N. T. A., Bui, A. V., Do, T. H., & Nguyen, H. C. (2019). Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro anti-inflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality, 2019*, Article 8178294. https://doi.org/10.1155/2019/8178294

Wang, X., Shen, C., Meng, P., Tan, G., & Lv, L. (2021). Analysis and review of trichomes in plants. *BMC Plant Biology, 21*, Article 10. https://doi.org/10.1186/s12870-021-02840-x

Yu, L., Zhang, Z., Yuan, S., Yang, W., & Yang, F. (2019). The influence of light intensity

and leaf movement on photosynthesis characteristics and carbon balance of soybean. *Frontiers in Plant Science, 9*, Article 1952. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01952