DAFTAR PUSTAKA

Afiesta, A. A, Syam, M dan Qadar, R . (2022). Pengaruh Model Discovery Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Negeri 9 Samarinda Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika Volume 3 No. 2 Halaman: 84 - 94 November 2022. Program Studi Pendidika Fisika*, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia.

Afriadi, F., Hidayah, M. F. H dan Gusmaneli. (2024). Pembelajaran kolaboratif dalam pendidikan perguruan tinggi. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, *2*(3), 143-157.

Ali, A., & Ristiani, R. (2024). Analisis Kesesuaian Rps Dan Lkm Terhadap Implementasi Pembelajaran Dengan Model *Problem Based Learning* (PBL). *Jurnal Pendidikan: Kajian dan Implementasi*, *6*(3).

Aufa, M. N., Rusmansyah., Hasbie, M., Jaidie, A dan Yunita, A. (2021). The Effect of Using e-module Model Problem Based Learning (PBL) Based on Wetland Environment on Critical Thinking Skills and Environmental Care Attitudes. *JPPIPA 7(3) (2021) Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Journal of Research in Science Education http://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/index*

Anggraeni, N., Rustini, T dan Wahyuningsih, Y. (2022). Terampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar Pada Mata Pelajaran IPS Di Kelas Tinggi. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Vol 8, No 1, Januari 2022 Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian. e-ISSN: 2460-8475. http://journal.unesa.ac.id/index.php/PD.*

Anugraheni, I. (2020). Analisis kesulitan mahasiswa dalam menumbuhkan berpikir kritis melalui pemecahan masalah. *Jurnal Cendekia*, *4*(1), 261-267.

Astuti, N., Kaspul, K., & Riefani, M. K. (2022). Validitas Modul Elektronik "Pembelahan Sel" Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep), 6(1), 94–102. https://doi.org/10.24036/jep/vol6-iss1/667.*

Ati, T. P., & Setiawan, Y. (2020). Efektivitas Problem Based Learning-Problem Solving Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Matematika Siswa Kelas V. *Pendidikan Matematika, 04(01), 294–303.*

Apriani, Rika. (2020). *Model Problem Based Learning*. Jawa Tengah: Intishar Publishing.

Ayub, N. A., Karim, H., & Syamsiah, S. (2021). Jenis-jenis Trikoma pada Tumbuhan Solanaceae, Malvaceae dan Asteraceae sebagai Sumber Bahan Praktikum pada Materi Anatomi Tumbuhan. *Biology Teaching and Learning*, *4*(2), 102-112.

Bare, Y., & Sari, D. R. T. (2021). Pengembangan lembar kerja mahasiswa (LKM) berbasis inkuiri pada materi interaksi molekuler. *Jurnal Bioeduin*, *11*(1), 19-26.

Baryani, R. D., Widyaningrum, H. K., & Rohmanurmeta, F. M. (2024, July). Pengaruh Model Creative Problem Solving Berbantuan Media Powtoon Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SD. In *Seminar Nasional Sosial, Sains, Pendidikan, Humaniora (Senassdra)* (Vol. 3, No. 3, pp. 538-546).

Burhana, A., Octavianti, D., Anggraheni, L. M. R., Ashariyanti, N. D., & Mardani, P. A. A. (2021). Model problem based learning (PBL) untuk meningkatkan cara berpikir kritis siswa di Sekolah Dasar. In *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian* (Vol. 3, pp. 302-307).

Dewanti, S. S. (2011, July). Mengembangkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa Pendidikan Matematika sebagai calon pendidik karakter bangsa melalui pemecahan masalah. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Universitas Muhammadiyah Surakarta* (pp. 29-37).

Djumingin, S., Juanda dan Tamsir, N. (2022). Pengembangan Materi Pembelajaran Bahada Indonesia. Badan Penerbit UNM. Makasar

Fajarianingtyas, D. A. dan Hidayat, J. N. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa PBL Berorientasi Kemampuan Pemecahan Masalah Perkuliahan Biologi Dasar. *Bioeduca: Journal of Biology Education http://journal.walisongo.ac.id/index.php/bioeduca ISSN 2714-8009 (print), 2715-7490 (online) Volume 4, Nomor 2, Tahun 2022*.

Falah, M dan Naufal, H. (2020). *Lembar Kerja Mahasiswa Sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa Menganalisis Soal Eksponen Bertipe HOTS. Program Studi Pendidikan Matametika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendid*ikan, Universitas Pekalongan.

Fatmawati, B., Wazni, M. K., & Husnawati, N. (2021). The study of worksheets based on creative problem solving for biology subjects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *7*(4), 701-706.

Fitriyyah, S. J., & Wulandari, T. S. H. (2019). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning terhadap berpikir kritis siswa SMP pada pembelajaran biologi materi pemanasan global. *Bioedukasi UNS*, *12*(1), 1-7.

Firantika, H. (2024). *Pengaruh Model Problem Based Learning Dengan Bantuan Media Artikel Terhadap Literasi IPA SISWA DI SMP NEGERI 20 BENGKULU SELATAN* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Bengkulu).

Febriani, M. (2024). *Pemanfaatan Lembar Kerja Mahasiswa Untuk Meningkatkan Keaktifan Mahasiswa: Studi Penerapan Lesson Study Pada Mata Kuliah*. Buku Teks Pelajaran Bahasa Indonesia. Universitas Negeri Semarang.

Fortuna, I. D., Yuhana, Y., & Novaliyosi, N. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik dengan Problem Based Learning untuk Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *Jurnal Cendekia*, *5*(2), 1308-1321.

Franita, Y., Hendrastuti, Z. R., Asna, K. N., & Nafisah, S. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Problem Based Learning pada Mata Kuliah Kalkulus Integral. *MATH LOCUS: Jurnal Riset dan Inovasi Pendidikan Matematika*, *1*(2), 100-110.

Hartiyaningsih, A., Mulyaningrum, E. R., & Setiyono, R. (2024). Penggunaan model Problem Based Learning untuk meningkatkan komunikasi dan kolaborasi peserta didik kelas X. *Jurnal Pendidikan Guru Profesional*, *2*(1), 31-43.

Hartina, A. W., & Permana, I. (2022). Dampak Problem Based Learning untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dalam pembelajaran tematik. *Journal of Education Action Research*, *6*(3), 341-347.

Hasan, M., Nasution, N., Sofyan, S., Guampe, F. A., Rahmah, N., Mendo, A. Y., ... & Atirah, A. (2023). *Pendidikan Dan Sumber Daya Manusia: Menggagas Peran Pendidikan Dalam Membentuk Modal Manusia*. Penerbit Tahta Media.

Hidayati, A. R., Fadly, W and Ekapti, R., F. (2021). "Jurnal Tadris IPA Indonesia Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran IPA Materi Bioteknologi" *1, no. 1 (2021): 34–48.*

Hidayanti, R., Alimudin., dan Syahri, A. A. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis dalam Memecahkan Masalah Matematika Ditinjau dari Perbedaan Gender pada Siswa Kelas VIII SMP Negeri 2 labakkang. *Jurnal SIGMA : Jurnal Pendidikan Matematika. 12 (1).*

Hindriana, A. F., & Handayani, H. (2023). Anatomi Tumbuhan. *Malang: Literasi Nusantara Abadi Grup*.

Hikmawati, N., Sutrio, S., & Hikmawati, H. (2017). Pengaruh Model Problem-Based Learning Dengan Pembekalan Pengetahuan Awal Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, *3*(1), 92-100.

Husna, A., Ilmi, N., & Gusmaneli, G. (2025). Strategi Problem-Based Learning dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika*, *2*(2), 76-86.

Indawati, N., Sari, Y. I dan Susanti, E. N. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Bernilai Karakter Berbasis Problem Based Learning. Universitas PGRI Kanjuruhan Malang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, April 2023, 9 (7), 630-636 DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.7827300 p-ISSN: 2622-8327 e-ISSN: 2089-5364 Accredited by Directorate General of Strengthening for Research and Development Available online at https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP.*

Irwandi, Cahaya, M. A., & Pratama, R. (2024). Implementasi Discussion-Comparison Method with Critical Analysis dan Learning Community Extended untuk Meningkatkan Aktivitas Belajar Mahasiswa. *Kappa Journal*, *8*(2), 215-220.

Ismail, R., Anas, A., Nasrullah, A., Arianto, A., Sulfiati, Y., Ernawati, E., ... & Yuliati, Y. (2024). Pembelajaran dengan Problem Based Learning: Strategi dan Implementasi. *EDUPEDIA Publisher*, 1-206.

Jannah, L., Listyarini, I., Nugroho, A. A dan Saputro, S. A. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning Kelas IV SDN Pandeanlamper 03 Kota Semarang. *Journal on Education Volume 05, No. 04, Mei-Agustus 2023, pp. 12265-12271 E-ISSN: 2654-5497, P-ISSN: 2655-1365 Website: http://jonedu.org/index.php/joe*. Universitas PGRI Semaran.

Jayanti, D. D., Arif, Q. N dan Marlina, M. (2024). Penerapan Model Pembelajaran PBL (*Problem Based Learning*) Materi Daur Air Pada Pelajaran Biologi. *ASPIRASI: Publikasi Hasil Pengabdian dan Kegiatan Masyarakat Vol.2, No.2 Maret 2024 e-ISSN: 3025-7492; p-ISSN: 3025-7506, Hal 54-61 DOI: https://doi.org/10.61132/aspirasi.v2i2.447*.

Juniandra, R. (2025). *Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Pemecahan Masalah Pada Fase D Materi Struktur Dan Funsi Tumbuhan* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).

Khulsum, U., Hudiyono, Y., & Sulistyowati, E. D. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Menulis Cerpen Dengan Media Storyboard Pada Siswa Kelas X Sma. *DIGLOSIA : Jurnal Kajian Bahasa, Sastra, Dan Pengajarannya, 1(1), 1–12. https://doi.org/10.30872/diglosia.v1i1.pp1-12*

Kholid, I. (2024). Karakteristik Berpikir Kritis Siswa Dalam Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Mei 2024, 10 (9), 268-279 DOI: . https://doi.org/10.5281/zenodo.11177436. p-ISSN: 2622-8327 e-ISSN: 2089-5364 Accredited by Directorate General of Strengthening for Research and Development.*

Limbong, I. N. (2024). *Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Mata Pelajaran Ppkn Kelas VI C SD Negeri 25/IV Kota Jambi* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi)

Maulida , L., Murtinugraha, R. E dan Arthur, R. (2023). Model Four-D Sebagai Implementasi Untuk Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Modul Mata Kuliah K3. *Jurnal Pendidikan West Science Vol. 01, No. 07, Juli, pp. 433 ~ 440.*

Martahayu, V dan Yuanita. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Problem Based Learning Berbatuan E-Learning Pada Materi Manajemen Peserta Didik. Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung. *Jurnal Cakrawala Pendas Vol. 8 No. 1, Januari 2022 DOI: https://doi.org/10.31949/jcp.v8i1.1913 p-ISSN: 2442-7470 e-ISSN: 2579-4442.*

Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilla, S., Nasrullah dan Amalia, D. A. (2020). *Analisis Bahan Ajar*. Universitas Muhammadiyah Tangerang.

Megahati, R. R. P., Yanti, F., & Susanti, D. (2017). Lembaran Kerja Mahasiswa Berbasis Mastery Learning yang Praktis dan Efektif Pada Mata Kuliah Genetika. *Journal of Biology Education*, *6*(2), 226-231.

Meliana. (2020). *Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) Mata Kuliah Matematika Dasar Materi Relasi Dan Fungsi Dengan Pendekatan Inkuiri* Terbimbing Berbasis Website. Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

Muslimah, L. S., Rosalina, E dan Febriandi, R. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) *Tematik Berbasis Outdoor Learning pada Siswa Sekolah Dasar. Jurnal basicedu, 5(4): 1926-1939.*

Murdilah, U., Farhurohman, O., & Syech Nawawi Al-Bantani No, J. (2025). Implementasi pembelajaran berbasis problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa. *Jurnal Nakula: Pusat Ilmu Pendidikan*, *3*(1), 90-98.

Nafiah, Y. N., & Suyanto, W. (2014). Penerapan model problem-based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, *4*(1), 125-143.

Nelson, N., & Tarigan, I. L. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Project Based Learning Pada Kuliah Analisis Makanan dan Obat Program Studi Analis Kimia. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, *6*(2), 136-142.

Ningrum, E. (2020). Pengembangan sumber daya manusia bidang pendidikan. *Jurnal Geografi Gea*, *9*(1).

Nuriyah, T. S dan Hayati, N. (2023). Pengembangan Lkpd Model PBL (*Problem Based Learning*) Dalam Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Binomial, Vol 6, No 2. ISSN: 2623-0143 (cetak).2657-2184 (Online).*

Nurhayati, I. (2021). *Bahan Ajar Sekolah Dasar*. Universitas Djuanda Bogor.Bogor.

Nur ‘Aini, S. (2023). *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Double Loop Problem Solving (DLPS) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Self Efficacy Siswa SMP/MTs*. Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.

Novitasari, F., dan Puspitawati, R. P. 2022. Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Solving pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas XII SMA. JIPB; *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi, 3(1): 31-42.*

Novriana, N., Syefrinando, B., & Basuki, F. R. (2023). Lembar Kerja Mahasiswa Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Model Problem Based Learning Pada Materi Getaran Dan Gelombang. *Physics and Science Education Journal (PSEJ)*, 34-43.

Pajria, F., Syamsurizal., Alberida, H dan Fajrina, S. (2023). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *JOTE Volume 4 Nomor 3 Tahun 2023 Halaman 430-435 Journal On Teacher Education Research & Learning in Faculty of Education ISSN: 2686-1895 (Printed); 2686-1798 (Online).* Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Padang.Purwanto, N. (2020). *Prinsip-Prinsip Dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.

Prastowo, A. (2019). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif menciptakan metode pembelajaran yang menarik dan menyenangkan*. Diva Press. Yogyakarta.

Pratama, I. A., Sukarno, S., & Basuki, F. R. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Direct Instruction Pada Materi Besaran Dan Pengukuran. *Physics and Science Education Journal (PSEJ)*, 69-77.

Rahmadhani, P Lestari, N.D dan Pratiwi, N. (2022). *Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Dan Gaya Kognitif Terhadap Hasil Belajar Akuntansi Siswa Smk Negeri 5 Palembang.* Universitas PGRI Palembang, Indonesia.

Rahayu, A. (2023). *Meraih Puncak Prestasi: Perangkat Pembelajaran yang Tepat sebagai Kunci Keberhasilan Siswa*.

Rasul, A., Subhanudin, S., Densemina, R. S., Wabdaron, Y., & Sutirta, H. (2022). Efektivitas Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) terhadap Kemampuan Pemahaman Matematis Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika STKIP Hermon Timika. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, *4*(3), 778-784.

Ridho, M, H., Wati, M., Misbah dan Mahtari, S. (2020). Validitas Bahan Ajar Gerak Melingkar Berbasis Authentic Learning Di Lingkungan Lahan Basah Untuk Melatih Keterampilan Pemecahan Masalah. *JoTaLP: Journal of Teaching and Learning Physics 5, 2 (2020): 87-98 Website: http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/jtlp/index ISSN 2580-3107 (online) ISSN 2528-5505 (print).*

Rudibyani, R. B. R. (2020). The Effectiveness of Problem Solving-Based Student Worksheet to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Progresif*, *10*(2), 279-291.

Sanaky, M. M. (2021). Analisis faktor-faktor keterlambatan pada proyek pembangunan gedung asrama MAN 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, *11*(1), 432-439.

Safitri, I dan Suryani, S.D. (2023) Menigkatkan Minat Berhitung Melalui Game Matematika Pada Siswa Kelas VI SDN 76 Bengkulu Tengah. Universitas Muhammadiyah Bengkulu. ISSN: 2808-5566 P:ISSN : 2808-7569 Hlm : 128-133.

Shabrina, A., Putri, R., & Khairi, A. (2025). Pentingnya Pemilihan Media Pembelajaran yang Tepat untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Zaheen: Jurnal Pendidikan, Agama dan Budaya*, *1*(2), 120-131.

Silalahi, M. (2022). *Morfologi Tumbuhan.* Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia.

Silalahi, S. M. (2022). Kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dalam penyampaian materi menggunakan lembar kerja mahasiswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *11*(2), 215-226.

Sohimin, A. (2020). *Model Pembelajaran INOVATIF Dalam Kurikulum 2013* (R. KR (ed.); II). AR-RUZZ MEDIA.

Subiyantoro, S. (2025). *Problem & Project-Based Learning*. Penerbit Lakeisha. Jawa Tengah

Sugiyono. (2019). *Metodelogi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif Dan R&D.* ALFABETA. Bandung.

Suryanata., I. P. A dan Manuaba, I. B. S. (2022). Lembar kerja peserta didik berbasis problem-based learning pada topik sumber energi untuk kelas IV Sekolah Dasar. *Mimbar Ilmu*, *27*(1), 1-10.

Syamsidah dan Suryani, H. (2018). *Buku Model Problem Based Learning (PBL) Mata Kuliah Pengetahuan Bahan Makanan*. Penerbit Deepublish (Grup Penerbitan CV Budi Utama. Sleman.

Trisnawati, N. F. (2020). Efektifitas Model Problem Based Learning dan Model Group Investigation dalam Meningkatkan Karakter Anti Korupsi. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(2), 203-214.

Rezeki, S dan Tama, B. J. (2021). Penggunaan Lembar Kerja Mahasiswa sebagai Media Pembelajaran Daring. *Jurnal Theorems*, *6*(1), 24-31.

Utami, S. D., dan Dewi, I. N. (2020). Pengembangan lembar kerja mahasiswa berbasis pemberdayaan berpikir melalui pertanyaan pada mata kuliah pengetahuan lingkungan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, *8*(2), 327-336.

Utami, Y. R. (2023). *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Flipbook Dalam Menunjang Pembelajaran Berdiferensiasi Di Kelas IV Sekolah Dasar* (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).

Wahyudi, A., Aryani, Y. D., Rochaendi, E dan Apriyanti. (2021). Posisi Keterampilan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Berpikir Kreatif Dalam Pendidikan Sains. *Jurnal Zarah, Vol. 9 No. 1 (2021), Halaman 8-14.*

Wahyuni, A., & Kurniawan, P. (2019). Pengembangan lembar kerja mahasiswa berbasis ICT pada mata kuliah kalkulus lanjut. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, *3*(2), 237-249.

Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan. *Volume 9, nomor 2, Mei 2024. ISSN(Prin): 2502-7069: ISSN (Online): 2620-8326.* Universitas Kristen Satya Wacana. Jawa Tengah, Indonesia.

Wicaksana, D. A., Maulana, C dan Kusumaningrum, Y. (2023). Analisis kemampuan berpikir kritis mahasiswa dalam memecahkan masalah logika matematika ditinjau dari gaya belajar. *Jurnal Serunai Ilmu Pendidikan Vol.9 No.2, Desember2023 e-ISSN 2621 – 2676, p-ISSN 2528 – 0775. Universitas Semarang.*

Wildi. (2024). *Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) pada mata kuliah biologi akuatik berdasarkan inventarisasi Crustacea di kawamajidsan Pantai Sindangkerta*. Sarjana thesis, UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Wulandari, K dan Cintamulya, I. (2022). Validitas LKS Elektronik dalam Mendukung Keterampilan Berpikir Kritis yang Berorientasi Problem Based Learning. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi, 7 (1) Juni 2022.*

Zuhria, I., Wahidmurni dan Zuhriyah, I. A. (2022). Pengembangan LKS HOTS Berbasis Website Pada Tema Makanan Sehat untuk *Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa MI. PRIMARY: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar, 11(3): 764-777.*

L A M P I R A N

Lampiran 1

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
Kampus I, Jl. Bali, Kampung Bali, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38119
pasca-biologi.umb.ac.id pasca-biologi@umb.ac.id
(0736) 22765
(0736) 26161

Nomor : 36/PS1/1A/II.3.AU/2025
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Dekan FKIP UM Bengkulu
Di
Kota Bengkulu

Assalamualaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut:

Nama : Widia Wulandari
NPM : 2384105004
Program Studi : Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melaksanakan penelitian dengan judul tesis:

"Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis *Problem Based Learning* Untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa Di Program Studi Pendidikan Biologi".

Tempat Penelitian : Program Studi Pendidikan Biologi (S-1), Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Bengkulu
Objek Penelitian : Mahasiswa Semester 2 Pada Matakuliah Anatomi Tumbuhan
Lama Penelitian : 07 Mei 2025 s/d 07 Juni 2025

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah disetujui oleh pembimbing. Demikianlah surat ini kami sampaikan atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terimakasih

Wassalamualaikum Wr. Wb

Bengkulu, 28 April 2025
Mengetahui,
Ketua Prodi Magister Pendidikan Biologi

Dr. Sugiyeni, M.Pd.
NIP. 19881103 201701 2 128

Lampiran 2

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Kampus I, Jl. Bali, Kampung Bali, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38119
fkip.umb.ac.id
fkip@umb.ac.id
(0736) 22765
(0736) 26161

SURAT KETERANGAN

Nomor:567/Ket/DF.1/II.3.AU/C/2025

Dekan Fakultas Ilmu Keguruan dan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Widia Wulandari

Instansi : Mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan Biologi Fakultas Keguruandan Ilmu Pendidikan Universitas Muhamadiyah Bengkulu

Judul Penelitian : Pengembangan lembar Kerja Mahasiswa Berbasis *Problem Based Learning* untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa di Program Studi Pendidikan Biologi

Telah selasai melaksanakan penelitian dari 7 Mei – 7 Juni. Demikianlah Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya dan dapat dipergunakan dengan semestinya.

Bengkulu, 2 Agustus 2025
Dekan,

Drs. Santoso, M.Si
NIP. 196706151993031004

Lampiran 3

LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI

TERHADAP PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MELATIH BERPIKIR KRITIS MAHASISWA PADA MATA KULIAH ANATOMI TUMBUHAN DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI

A. IDENTITAS AHLI MATERI

Nama Ahli : Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd

NIP/NIDN : 0229019001

Program Studi : Magister Pendidikan Biologi

Hari/Tanggal : Jum'at, 25 April 2025

B. PETUNJUK PENGISIAN

Lembar penilaian ini bertujuan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang "Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa *Berbasis Problem Based* Learning Untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan Di Prodi Pendidikan Biologi". Pendapat, penilaian, dan saran dari Bapak/ Ibu akan dapat digunakan sebagai perbaikan dan peningkatan kualitas media pembelajaran ini. Oleh karena itu, kami mohon Bapak/ Ibu dapat memberikan tanda cek (✓) pada kolom nilai sesuai dengan pendapat Bapak/ Ibu. Pedoman penilaian ini menggunakan indikator penilaian sebagai berikut:

- **Keterangan skor penilaian:**

  1 = Tidak baik

  2 = Kurang baik

  3 = Cukup baik

  4 = Baik

  5 = Sangat baik

KOLOM PENILAIAN

No	Pernyataan	Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
Aspek Kelayakan Isi							
1	Kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran					✓	
2	Kelengkapan materi sesuai dengan konsep struktur anatomi akar, batang dan daun					✓	
3	Kedalaman materi sesuai dengan tingkat perkembangan mahasiswa					✓	
4	Kontekstualitas materi dengan kehidupan nyata					✓	
5	Kesesuaian studi kasus dengan topik pembelajaran					✓	
Aspek Kelayakan Penyajian							
6	Kejelasan tujuan pembelajaran pada LKM				✓		
7	Konsistensi sistematika penyajian					✓	
8	Keruntutan konsep pengenalan materi					✓	
9	Keruntutan petunjuk dan langkah kerja praktikum				✓		
10	Kesesuaian pertanyaan pemantik untuk mengaktifkan kemampuan berpikir kritis					✓	
11	Ketersediaan ruang yang cukup untuk menjawab pertanyaan				✓		
12	Kejelasan pembagian tahapan aktivitas PBL (*Problem Based Learning*)				✓		
13	Dukungan ilustrasi/gambar terhadap kejelasan materi					✓	
14	Kesesuaian strategi penilaian dengan tujuan pembelajaran				✓		
15	Kelengkapan instrumen penilaian (rubrik)					✓	
Aspek Kebahasaan							
16	Ketepatan penggunaan istilah biologi				✓		
17	Kejelasan bahasa yang digunakan (mudah dipahami)				✓		

18	Kesesuaian bahasa dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar				✓		
19	Keefektifan kalimat dalam menyampaikan konsep					✓	
Aspek Berpikir Kritis							
20	Ketersediaan aktivitas yang mendorong identifikasi masalah					✓	
21	Ketersediaan pertanyaan diskusi kritis yang mengarah pada pemecahan masalah				✓		
22	Ketersediaan pertanyaan refleksi untuk mengevaluasi proses pembelajaran				✓		
23	Kesesuaian aktivitas penyelidikan dengan pengembangan kemampuan berpikir kritis				✓		

Catatan :

Perbaiki Sesuai Saran

.....

.....

.....

.....

.....

C. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penilaian pada produk pembelajaran ini, maka media pembelajaran ini dinyatakan

- [ ] : Layak untuk ujicoba di lapangan tanpa revisi
- [x] : Layak untuk ujicoba di lapangan dengan revisi sesuai saran
- [ ] : Tidak layak untuk ujicoba di lapangan.

➢ Ceklis pada salah satu pilihan kelayakan produk

Bengkulu,.....2025
Ahli Materi,

(Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd)

Lampiran 4

LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA

TERHADAP PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MELATIH BERPIKIR KRITIS MAHASISWA DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI

A. IDENTITAS AHLI MEDIA

Nama Ahli	: Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd
NIP/NIDN	: 0229019001
Program Studi	: Magister Pendidikan Biologi
Hari/Tanggal	: Jum'at, 25 April 2025

B. PETUNJUK PENGISIAN

Lembar penilaian ini bertujuan untuk mengetahui pendapat Bapak/ Ibu tentang "Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa *Berbasis Problem Based* Learning Untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan Di Prodi Pendidikan Biologi". Pendapat, penilaian, dan saran dari Bapak/ Ibu akan dapat digunakan sebagai perbaikan dan peningkatan kualitas media pembelajaran ini. Oleh karena itu, kami mohon Bapak/ Ibu dapat memberikan tanda cek (✓) pada kolom nilai sesuai dengan pendapat Bapak/ Ibu. Pedoman penilaian ini menggunakan indikator penilaian sebagai berikut:

➢ **Keterangan skor penilaian:**

1 = Tidak baik

2 = Kurang baik

3 = Cukup baik

4 = Baik

5 = Sangat baik

KOLOM PENILAIAN

No	Pernyataan	Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
Aspek Tampilan LKM							
1	Desain sampul LKM menarik dan mencerminkan isi				✓		
2	Kesesuaian ukuran LKM dengan standar				✓		
3	Ketepatan pemilihan jenis dan ukuran huruf					✓	
4	Konsistensi tata letak (layout)				✓		
5	Keharmonisan kombinasi warna					✓	
Aspek Grafis							
6	Kualitas gambar/ilustrasi yang digunakan				✓		
7	Ketepatan penempatan gambar/ilustrasi					✓	
8	Ketepatan penggunaan tabel untuk menyajikan informasi				✓		
9	Kesesuaian ilustrasi dengan materi					✓	
Aspek Praktis							
10	Kemudahan penggunaan LKM				✓		
11	Ketersediaan ruang untuk mencatat hasil pengamatan					✓	
12	Ketersediaan ruang untuk menggambar hasil pengamatan					✓	
13	Ketersediaan ruang untuk menjawab pertanyaan diskusi				✓		
14	Kejelasan penomoran halaman				✓		
15	Kejelasan penomoran tabel dan gambar					✓	
16	Keterbacaan teks dan keterangan				✓		

Catatan : Perbaiki sesuai saran

.....

.....

.....

.....

.....

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penilaian pada produk pembelajaran ini, maka media pembelajaran ini dinyatakan

- [ ] : Layak untuk ujicoba di lapangan tanpa revisi
- [x] : Layak untuk ujicoba di lapangan dengan revisi sesuai saran
- [ ] : Tidak layak untuk ujicoba di lapangan.

➢ Ceklis pada salah satu pilihan kelayakan produk

Bengkulu,.....2025
Ahli Media,

(Dr. Jayanti Syahputri, M.Pd)

Lampiran 5

ANGKET KEPRAKTISAN

TERHADAP PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA MAHASISWA BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MELATIH BERPIKIR KRITIS MAHASISWA PADA MATA KULIAH ANATOMI TUMBUHAN DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama	: Emilia Seftika
NPM	: 2484205002
Program Studi	: Pendidikan Biologi
Hari/Tanggal	: Rabu, 28 Mei 2025

B. PETUNJUK PENGISIAN

Lembar penilaian ini bertujuan untuk mengetahui pendapat dari Mahasiswa setelah menggunakan "Lembar Kerja Mahasiswa *Berbasis Problem Based* Learning Untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan Di Prodi Pendidikan Biologi". Oleh karena itu, Mahasiswa dapat memberikan respon pada setiap pernyataan dalam lembar angkat ini dengan memberikan tanda centang (√) pada kolom skala penilaian pada tempat yang telah disediakan. Pedoman penilaian ini menggunakan indikator penilaian sebagai berikut:

- **Keterangan skor penilaian:**

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Cukup Setuju

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

KOLOM PENILAIAN

No	Pernyataan	Penilaian					Saran Perbaikan
		1	2	3	4	5	
Aspek Kemudahan Penggunaan							
1	LKM ini memiliki petunjuk yang jelas dan mudah dipahami				✓		
2	Tahapan praktikum dalam LKM disusun secara sistematis dan mudah diikuti				✓		
3	Bahasa yang digunakan dalam LKM mudah dipahami					✓	
4	Format LKM memudahkan saya dalam melakukan praktikum dan mengisi hasil pengamatan				✓		
Aspek Efektivitas Konten							
5	Konten LKM sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓		
6	Materi pengantar memberikan informasi yang cukup untuk melakukan praktikum				✓		
7	Gambar dan ilustrasi dalam LKM membantu pemahaman terhadap materi				✓		
8	Pertanyaan-pertanyaan dalam LKM membantu mengembangkan kemampuan berpikir kritis				✓		
9	Kasus masalah yang disajikan relevan dengan topik dan membantu pemahaman konsep					✓	
Aspek Kebermanfaatan							
10	LKM ini membantu saya memahami struktur anatomi akar, batang dan daun				✓		
11	LKM ini membantu saya membedakan struktur akar, batang dan daun monokotil dan dikotil					✓	
12	Aktivitas dalam LKM meningkatkan keterampilan pengamatan mikroskopis saya				✓		
13	Diskusi kelompok yang diarahkan dalam LKM membantu memperdalam pemahaman saya					✓	
Aspek Kesesuaian dangan Pendekatan Pembelajaran							
14	LKM menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis masalah dengan baik				✓		
15	Tahapan pembelajaran dalam LKM mendorong keaktifan mahasiswa				✓		
16	LKM mendukung pembelajaran kolaboratif dalam kelompok					✓	
17	LKM memfasilitasi pengembangan keterampilan pemecahan masalah					✓	
18	LKM mendorong mahasiswa untuk melakukan refleksi terhadap pembelajaran					✓	
Aspek Teknis							
19	Alat dan bahan yang diperlukan mudah disiapkan				✓		
20	Prosedur praktikum dapat dilaksanakan dengan peralatan laboratorium yang tersedia					✓	

21	Tingkat kesulitan praktikum sesuai dengan kemampuan mahasiswa				✓		
22	Waktu pelaksanaan praktikum sesuai dengan jadwal perkuliahan					✓	
23	Format laporan dan presentasi yang diminta jelas dan dapat dilaksanakan				✓		

Bengkulu,.....2025
Responden,

(EMBUN SETYUNI)

Lampiran 6 : LEMBAR KERJA MAHASISWA YANG BELUM VALID

Program Pascasarjana Magister Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

LKM
ANATOMI TUMBUHAN
TENTANG DAUN, BATANG DAN AKAR

Tahun 2024/2025

Disusun Oleh:
Widia Wulandari, S.Pd.
NPM: 23841050004

LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

Mata Kuliah : **MORFOLOGI TUMBUHAN**
Materi : **Anatomi Daun**
Hari/ Tanggal :
Alokasi Waktu : **180 Menit**

Kelompok :

Ketua :
Anggota : 1.....
2.....
3.....
4.....
5.....

A. Sub CPMK

1.1 Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian utama daun (epidermis, mesofil dan jaringan vaskular)

1.2 Mahasiswa mampu membandingkan perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan susunan mesofil dan jaringan vascular

1.3 Mahasiswa mampu mengidentifikasi karakteristik anatomi daun pada tumbuhan xerofil, mesofil dan hidrofil.

B. Tujuan Praktikum

Mahasiswa mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis :

1. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular.
2. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun.

3. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik.
4. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil).
5. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun.
6. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

C. Petunjuk Belajar

1. Bacalah informasi pendukung yang tersedia di bagian materi.
2. Lakukan pengamatan terhadap sampel tumbuhan yang disediakan.
3. Lengkapi tabel dan jawab pertanyaan sesuai dengan hasil pengamatan.
4. Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok kecil sebelum menyimpulkan.
5. Kerjakan semua pertanyaan dengan mandiri dan diskusikan dengan dosen jika mengalami kesulitan.

D. Indikator Pencapaian

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, mahasiswa dapat:

1. Mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular
2. Menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun
3. Membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik
4. Menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil)
5. Membuat preparat segar penampang melintang daun
6. Menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun
7. Mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

E. Materi Pembelajaran

1. Struktur Anatomi Daun

Daun merupakan organ tumbuhan yang berfungsi utama dalam fotosintesis, transpirasi, dan respirasi. Secara anatomi, daun tersusun dari beberapa jaringan yang terorganisir untuk menjalankan fungsi-fungsi tersebut.

1.1 Bagian-bagian Utama Daun

a. Epidermis

- Epidermis Atas (Adaksial)
  - Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan atas daun
  - Sel-sel tersusun rapat tanpa ruang antarsel
  - Dinding luar sering mengalami penebalan dan dilapisi kutikula
  - Pada beberapa tumbuhan terdapat trikoma (rambut daun)
  - Biasanya tidak memiliki kloroplas (kecuali pada tumbuhan hidrofit)
- Epidermis Bawah (Abaksial)
  - Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan bawah daun
  - Umumnya memiliki stomata dengan jumlah lebih banyak daripada epidermis atas
  - Dinding sel lebih tipis dibandingkan epidermis atas
  - Sering memiliki lebih banyak trikoma
- Stomata
  - Terdiri dari sepasang sel penjaga (guard cells) yang mengandung kloroplas
  - Dikelilingi oleh sel-sel tetangga dengan bentuk khusus
  - Berfungsi mengatur pertukaran gas dan penguapan air
  - Distribusi dan kepadatan stomata bervariasi tergantung pada jenis tumbuhan dan habitat

b. Mesofil

- Parenkim Palisade (Jaringan Tiang)
  - Terdapat di bawah epidermis atas
  - Sel-sel berbentuk silindris, tersusun rapat dan tegak
  - Banyak mengandung kloroplas
  - Merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis
  - Umumnya hanya terdapat pada daun dikotil
- Parenkim Spons (Jaringan Bunga Karang)
  - Terletak di bawah parenkim palisade
  - Sel-sel berbentuk tidak beraturan dengan banyak ruang antarsel

- Mengandung kloroplas lebih sedikit dibanding parenkim palisade
- Ruang antarsel berperan dalam pertukaran gas

c. Jaringan Vaskular (Jaringan Pengangkut)

- Berkas Pembuluh (Vascular Bundle)
  - Tersusun dari xilem dan floem
  - Terdapat dalam tulang daun (vena)
  - Dikelilingi oleh seludang berkas (bundle sheath)
- Xilem
  - Terletak di bagian atas berkas pembuluh
  - Mengangkut air dan mineral dari akar ke daun
  - Terdiri dari trakeid dan unsur pembuluh (vessel elements)
- Floem
  - Terletak di bagian bawah berkas pembuluh
  - Mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke bagian tumbuhan lainnya
  - Tersusun dari sel-sel tapis dan sel pengiring
- Seludang Berkas (Bundle Sheath)
  - Lapisan sel yang mengelilingi berkas pembuluh
  - Pada tumbuhan C4, berperan dalam fiksasi CO2

2. Perbedaan Struktur Anatomi Daun Monokotil dan Dikotil

2.1 Daun Dikotil

- Memiliki mesofil yang terdiferensiasi menjadi parenkim palisade dan parenkim spons
- Parenkim palisade terdapat di bagian atas, tersusun rapat dengan banyak kloroplas
- Parenkim spons di bagian bawah dengan banyak ruang antarsel
- Tulang daun umumnya berbentuk jala (retikulat)
- Stomata biasanya lebih banyak di epidermis bawah
- Berkas pembuluh berukuran bervariasi
- Seludang berkas tidak terlalu berkembang
- Contoh: daun mangga, kacang, bunga matahari

2.2 Daun Monokotil

- Mesofil umumnya tidak terdiferensiasi (homogen) atau perbedaan antara parenkim palisade dan spons tidak jelas
- Tulang daun umumnya sejajar (paralel)
- Stomata tersebar merata di kedua permukaan daun
- Berkas pembuluh tersebar merata dengan ukuran yang relatif sama

- Seludang berkas pembuluh berkembang dengan baik, sering mengandung kloroplas
- Beberapa memiliki sel-sel bulliform di epidermis yang berperan dalam penggulungan daun saat kekeringan
- Contoh: daun jagung, padi, rumput

3. Adaptasi Anatomi Daun pada Berbagai Habitat

3.1 Daun Tumbuhan Xerofil (Habitat Kering)

- Adaptasi untuk mengurangi kehilangan air:
  - Kutikula tebal pada epidermis
  - Stomata tenggelam (sunken stomata)
  - Trikoma padat membentuk lapisan seperti rambut yang mengurangi penguapan
  - Mesofil kompak dengan ruang antarsel minimal
  - Jaringan sklerenkim berkembang baik
  - Daun sering kecil, tebal, atau berbentuk jarum
  - Beberapa memiliki jaringan penyimpan air (water storage tissue)
  - Contoh: kaktus, lidah buaya, pinus

3.2 Daun Tumbuhan Mesofil (Habitat Sedang)

- Adaptasi untuk keseimbangan fotosintesis dan pengendalian air:
  - Kutikula sedang
  - Stomata tersebar normal
  - Diferensiasi jelas antara parenkim palisade dan parenkim spons
  - Ruang antarsel normal di parenkim spons
  - Jaringan pengangkut berkembang baik
  - Contoh: mangga, jambu, kacang-kacangan

3.3 Daun Tumbuhan Hidrofil (Habitat Air)

- Adaptasi untuk hidup dalam air atau lingkungan sangat lembab:
  - Kutikula tipis atau tidak ada
  - Stomata di permukaan atas daun atau tidak ada (pada daun tenggelam)
  - Epidermis sering mengandung kloroplas
  - Jaringan aerenkim berkembang baik (banyak ruang udara)
  - Jaringan pengangkut dan jaringan mekanik kurang berkembang
  - Beberapa memiliki bidang daun tipis untuk memudahkan penyerapan cahaya dalam air
  - Contoh: teratai, eceng gondok, Hydrilla

4. Hubungan Struktur dan Fungsi Daun

4.1 Fungsi Fotosintesis

- Kloroplas banyak terdapat di parenkim palisade
- Ruang antarsel di mesofil memudahkan difusi CO_2
- Jaringan vaskular menyediakan air dan mengangkut hasil fotosintesis

4.2 Fungsi Transpirasi

- Stomata mengatur pengeluaran uap air
- Kutikula mengurangi penguapan air melalui permukaan daun
- Adaptasi struktur daun mempengaruhi laju transpirasi

4.3 Fungsi Pertukaran Gas

- Stomata sebagai jalur masuk CO_2 dan keluar O_2
- Ruang antarsel di mesofil memfasilitasi difusi gas
- Adaptasi struktur mempengaruhi efisiensi pertukaran gas

4.4 Fungsi Adaptif

- Struktur anatomi daun sangat plastis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan

➢ Perubahan struktur anatomi memungkinkan tumbuhan bertahan di berbagai habitat.

F. Alat dan Bahan

1. Alat dan Bahan :

No	Alat	Bahan
1	Mikroskop cahaya	Daun dari tumbuhan dikotil (Hibiscus rosa-sinensis/kembang sepatu)
2	Kaca objek dan kaca penutup	Daun dari tumbuhan monokotil (Zea mays/jagung)
3	Pipet tetes	Daun dari tumbuhan xerofil (Aloe vera/lidah buaya atau Sansevieria/lidah mertua)
4	Silet/mikrotom tangan	Daun dari tumbuhan mesofil (Mangifera indica/mangga)
5	Pinset	Daun dari tumbuhan hidrofil (Nymphaea/teratai atau Pistia/apu-apu)
6	Jarum preparate	Preparat awetan penampang melintang daun monokotil dan dikotil
7	Cawan petri	Larutan safranin 1%
8	Kertas tisu	Larutan metilen biru 0,1%
9	Kamera/smartphone untuk dokumentasi	Larutan iodin
10	Alat tulis dan buku catatan	Gliserin
11		Akuades

G. Petunjuk Pratikum

- **Keselamatan Kerja:**
  1. Gunakan jas laboratorium, sarung tangan, dan masker selama praktikum
  2. Hati-hati dalam menggunakan alat tajam seperti silet/mikrotom
  3. Perlakukan bahan kimia dengan hati-hati, hindari kontak langsung dengan kulit
  4. Jaga kebersihan area kerja sebelum dan sesudah praktikum
- **Pembuatan Preparat Segar:**
  1. Persiapan Daun
     - Pilih daun yang masih segar
     - Untuk daun yang tebal, potong bagian tengah daun (hindari tulang daun utama)
     - Untuk daun yang tipis, lipat daun dan potong pada lipatan
  2. Irisan Melintang
     - Buat irisan melintang setipis mungkin menggunakan silet tajam
     - Lakukan pemotongan dengan gerakan satu arah (tidak bolak-balik)
     - Letakkan irisan pada cawan petri berisi air
  3. Pewarnaan
     - Pindahkan irisan terbaik ke kaca objek
     - Teteskan 1-2 tetes larutan safranin, biarkan 3-5 menit
     - Bilas dengan akuades menggunakan pipet tetes
     - Teteskan 1-2 tetes larutan metilen biru, biarkan 1-2 menit
     - Bilas dengan akuades
  4. Pengamatan
     - Teteskan gliserin pada preparat
     - Tutup dengan kaca penutup secara hati-hati (hindari gelembung udara)
     - Amati di bawah mikroskop dengan perbesaran bertahap (40x, 100x, 400x)
- **Pengamatan Preparat:**
  1. Amati struktur anatomi daun mulai dari epidermis atas hingga epidermis bawah
  2. Identifikasi jaringan epidermis, mesofil (parenkim palisade dan parenkim spons), dan jaringan vaskular
  3. Perhatikan perbedaan susunan mesofil dan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil
  4. Perhatikan adaptasi khusus pada daun xerofil, mesofil, dan hidrofil

5. Hitung jumlah stomata per bidang pandang pada berbagai jenis daun
6. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Model Pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL)

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

Skenario Masalah:

Perubahan iklim global telah menyebabkan perubahan pola curah hujan yang signifikan di berbagai wilayah. Beberapa daerah mengalami kekeringan berkepanjangan, sementara daerah lain mengalami banjir yang lebih sering. Hal ini berdampak serius pada pertanian dan keamanan pangan.

Sebuah lembaga penelitian pertanian internasional sedang mengembangkan varietas baru tanaman pangan yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim. Sebagai bagian dari tim peneliti, Anda diminta untuk menganalisis struktur anatomi daun dari berbagai spesies tanaman (padi, gandum, jagung, dan kedelai) dan mengidentifikasi karakteristik anatomi yang berpotensi meningkatkan ketahanan terhadap kondisi kekeringan dan/atau genangan air.

Selain itu, lembaga tersebut juga ingin memahami bagaimana modifikasi genetik dapat diarahkan untuk mengubah struktur anatomi daun guna meningkatkan efisiensi fotosintesis dan penggunaan air pada tanaman pangan. Tantangan Anda adalah mengidentifikasi target struktur anatomi daun yang paling potensial untuk dimodifikasi.

➢ **Pertanyaan Pematik:**

1. Bagaimana struktur anatomi daun berkontribusi terhadap efisiensi fotosintesis dan penggunaan air?
2. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi kekeringan?
3. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi genangan air?
4. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan?
5. Komponen struktural daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan iklim?

Tahap 2: Mengorganisasi Mahasiswa untuk Belajar

➢ **Instruksi:**

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari 4-5 mahasiswa
2. Diskusikan skenario masalah dan identifikasi aspek-aspek yang perlu diselidiki

3. Buat rencana investigasi yang mencakup:
   - Pembagian tugas antar anggota kelompok
   - Jadwal pelaksanaan investigasi
   - Sumber informasi yang akan digunakan
   - Metode pengumpulan dan analisis data
4. Siapkan tabel untuk mencatat hasil pengamatan anatomi daun dari berbagai jenis tumbuhan

➢ **Format Rencana Investigasi:**

Aspek Masalah	Metode Investigasi	Anggota Penanggung Jawab	Target Waktu Penyelesaian

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Individu dan Kelompok

➢ **Aktivitas Penyelidikan:**

1. Pengamatan Struktur Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil
   - Buat preparat segar penampang melintang daun kembang sepatu (dikotil) dan jagung (monokotil)
   - Amati dan identifikasi jaringan penyusun daun pada kedua jenis tumbuhan
   - Bandingkan perbedaan struktur mesofil dan susunan jaringan vaskular
   - Gambar hasil pengamatan dengan detail dan beri keterangan
2. Analisis Adaptasi Anatomi Daun pada Berbagai Habitat
   - Buat preparat segar penampang melintang daun xerofil (lidah buaya), mesofil (mangga), dan hidrofil (teratai/apu-apu)
   - Identifikasi adaptasi khusus pada masing-masing jenis daun
   - Ukur ketebalan kutikula, jumlah stomata, dan ketebalan mesofil
   - Analisis hubungan antara struktur adaptif dengan kondisi habitat
3. Investigasi Stomata dan Fungsinya
   - Buat preparat segar epidermis daun dari berbagai jenis tumbuhan
   - Hitung jumlah stomata per bidang pandang (stomatal density)

- Ukur ukuran stomata dan sel penjaga
- Analisis pola distribusi stomata pada permukaan atas dan bawah daun
- Hubungkan dengan fungsi transpirasi dan pertukaran gas

4. Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan
   - Pilih satu jenis tanaman (misalnya: kacang hijau) dan tanam pada kondisi berbeda (normal, kering, tergenang)
   - Setelah 2 minggu, ambil sampel daun dan buat preparat segar
   - Amati perubahan struktur anatomi yang terjadi
   - Analisis respons adaptif tumbuhan terhadap kondisi lingkungan.

➢ **Lembar Hasil Pengamatan:**

1. Struktur Anatomi Daun Dikotil *(Hibiscus Rosa Sinensis/*Kembang Sepatu*)*

➢ **Gambar Pengamatan:**

➢ **Tabel Hasil Pengamatan:**

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas			
2	Parenkim palisade			
3	Parenkim spons			
4	Berkas pembuluh			
5	Epidermis bawah			
6	Stomata			

2. Struktur Anatomi Daun Monokotil (*Zea mays*/Jagung)

- **Gambar Pengamatan:**

- **Tabel Hasil Pengamatan:**

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas			
2	Mesofil			
3	Berkas pembuluh			
4	Seludang berkas			
5	Epidermis bawah			
6	Stomata			

3. Analisis Perbandingan Daun *Xerofil*, *Mesofil*, dan *Hidrofil*

- **Tabel Hasil Pengamatan:**

Parameter	Daun Xerofil (*Aloe vera*)	Daun Mesofil (*Mangifera indica*)	Daun Hidrofil (*Pistia*/*Nymphaea*)
Ketebalan kutikula (μm)			
Ketebalan epidermis atas (μm)			
Ketebalan mesofil (μm)			
Jumlah stomata per mm^2 (adaksial)			
Jumlah stomata per mm^2 (abaksial)			
Posisi stomata			
Ada/tidaknya jaringan penyimpan air			
Ruang antarsel di mesofil			
Adaptasi khusus lainnya			

4. Hasil Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan

- **Tabel Hasil Pengamatan:**

Parameter Anatomi	Kondisi Normal	Kondisi Kering	Kondisi Tergenang
Ketebalan daun (μm)			
Ketebalan kutikula (μm)			
Jumlah stomata per mm^2			
Ukuran sel palisade (μm)			
Ruang antarsel di mesofil			
Perubahan adaptif lainnya			

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

- **Instruksi:**

1. Berdasarkan hasil penyelidikan, buatlah laporan kelompok yang mencakup:
   - Hasil pengamatan struktur anatomi daun
   - Analisis perbandingan daun monokotil dan dikotil
   - Analisis adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan antara struktur anatomi dengan fungsi fisiologis daun
   - Rekomendasi struktur anatomi daun yang potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim
2. Siapkan presentasi kelompok (10-15 menit) yang menjelaskan:
   - Masalah yang diinvestigasi
   - Metode penyelidikan
   - Data dan hasil analisis
   - Kesimpulan dan rekomendasi untuk program pemuliaan tanaman adaptif
3. Buatlah poster atau infografis yang mengilustrasikan:
   - Perbandingan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Adaptasi anatomi daun terhadap berbagai kondisi lingkungan
   - Strategi modifikasi anatomi daun untuk meningkatkan ketahanan tanaman

- **Format Laporan Kelompok:**
  1. Pendahuluan (latar belakang masalah, tujuan penyelidikan)
  2. Tinjauan Pustaka (struktur dan fungsi daun, adaptasi anatomi)
  3. Metodologi (bahan, alat, prosedur kerja)

4. Hasil dan Pembahasan
   - Struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Perbandingan adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan struktur dengan fungsi fisiologis
   - Implikasi untuk pemuliaan tanaman adaptif
5. Kesimpulan dan Rekomendasi
6. Daftar Pustaka
7. Lampiran (gambar hasil pengamatan, data mentah)

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

➢ **Diskusi Kritis:**

Berdasarkan hasil investigasi dan presentasi kelompok, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan penggunaan air? Berikan contoh spesifik dari hasil pengamatan!

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

2. Jelaskan hubungan antara karakteristik adaptif daun tumbuhan xerofil dengan kemampuannya bertahan pada kondisi kekeringan! Struktur anatomi mana yang paling berperan dalam konservasi air?

   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....
   .....

3. Bagaimana adaptasi anatomi daun tumbuhan hidrofil memfasilitasi pertukaran gas dan fotosintesis dalam lingkungan berair? Bandingkan dengan adaptasi daun tumbuhan mesofil!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Apakah perbedaan susunan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil memengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan? Jelaskan dengan contoh spesifik!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Berdasarkan hasil penyelidikan, struktur anatomi daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap: a. Kekeringan b. Genangan air c. Intensitas cahaya tinggi Berikan argumentasi ilmiah untuk setiap jawaban!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Evaluasi kelebihan dan keterbatasan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Bagaimana penelitian ini dapat diperbaiki di masa depan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I. Penilaian

- **Penilaian Proses:**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk:**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

J. Rubrik Penilaian Berpikir

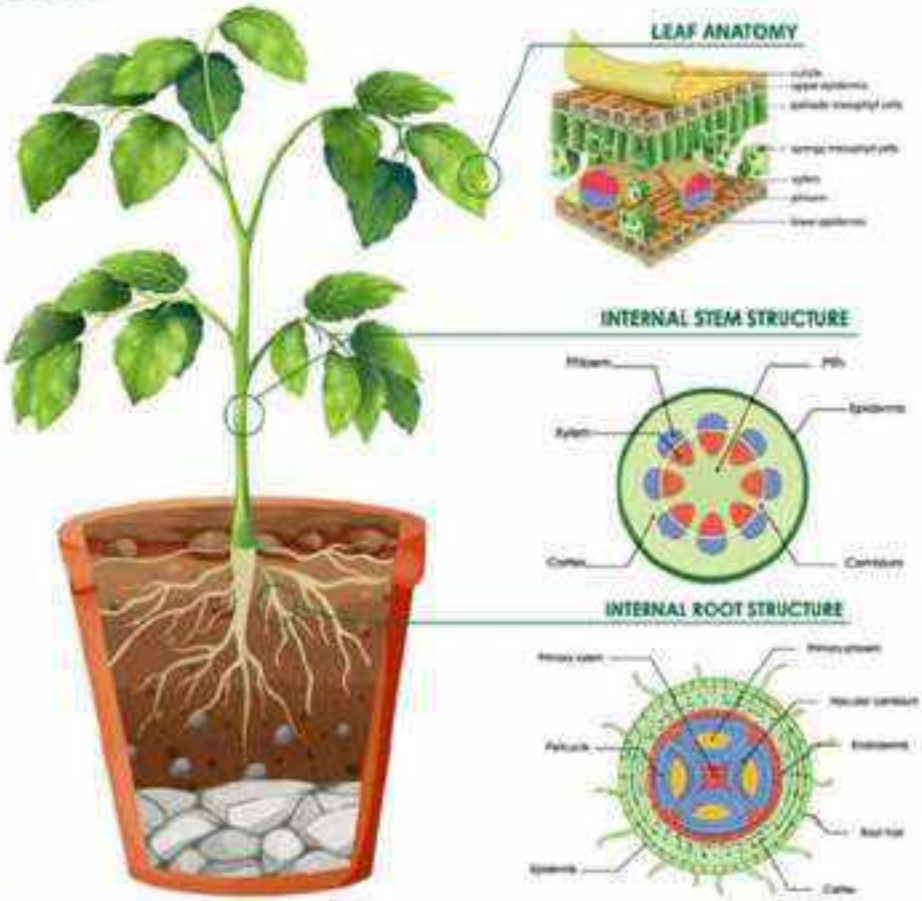
Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi

Lampiran 7 : LEMBAR KERJA MAHASISWA YANG SUDAH VALID

Program Pascasarjana Magister Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

LKM
ANATOMI TUMBUHAN
TENTANG DAUN, BATANG DAN AKAR

Tahun 2024/2025



Disusun Oleh:
Widia Wulandari, S.Pd.
NPM: 2384105004

LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

Mata Kuliah	**: ANATOMI TUMBUHAN**
Materi	**: Anatomi Daun**
Hari/ Tanggal	**:**
Alokasi Waktu	**: 180 Menit**

Kelompok :

Ketua :

Anggota : 1……..

2……..

3……..

4……..

5……..

A. Sub CPMK

1.1 Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian utama daun (epidermis, mesofil dan jaringan vaskular)

1.2 Mahasiswa mampu membandingkan perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan susunan mesofil dan jaringan vascular

1.3 Mahasiswa mampu mengidentifikasi karakteristik anatomi daun pada tumbuhan xerofil, mesofil dan hidrofil.

B. Tujuan Praktikum

Mahasiswa mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis :

1. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular.
2. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun.

3. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik.
4. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil).
5. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun.
6. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

C. Petunjuk Belajar

1. Bacalah informasi pendukung yang tersedia di bagian materi.
2. Lakukan pengamatan terhadap sampel tumbuhan yang disediakan.
3. Lengkapi tabel dan jawab pertanyaan sesuai dengan hasil pengamatan.
4. Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok kecil sebelum menyimpulkan.
5. Kerjakan semua pertanyaan dengan mandiri dan diskusikan dengan dosen jika mengalami kesulitan.

D. Indikator Pencapaian

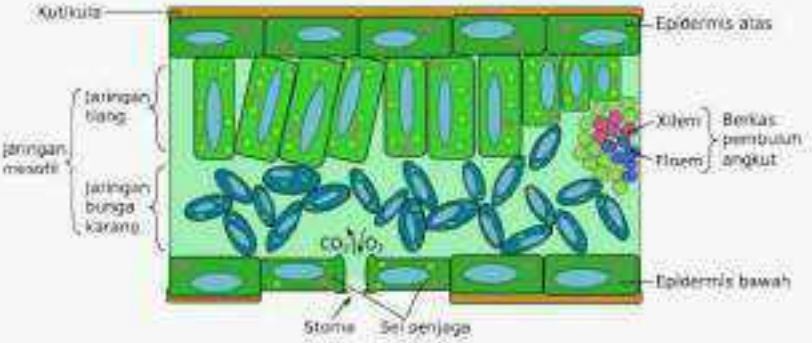
Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, mahasiswa dapat:

1. Mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular
2. Menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun
3. Membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik
4. Menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil)
5. Membuat preparat segar penampang melintang daun
6. Menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun
7. Mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

E. Materi Pembelajaran

1. Struktur Anatomi Daun

Daun merupakan organ tumbuhan yang berfungsi utama dalam fotosintesis, transpirasi, dan respirasi. Secara anatomi, daun tersusun dari beberapa jaringan yang terorganisir untuk menjalankan fungsi-fungsinya. Adapun bagian-bagian anatomi daun dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1.1 Bagian-bagian Anatomi Daun

Adapun deskripsi bagian-bagian anatomi pada daun diatas dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 1.1 Deskripsi Struktur, Ciri, dan Fungsi Jaringan Anatomi Daun Tumbuhan

Epidermis	Mesofil	Jaringan Vaskular
a. Epidermis Atas (Adaksial) ○ Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan atas daun ○ Sel-sel tersusun rapat tanpa ruang antarsel ○ Dinding luar sering mengalami penebalan dan dilapisi kutikula ○ Pada beberapa tumbuhan terdapat trikoma (rambut daun) ○ Biasanya tidak memiliki kloroplas (kecuali pada tumbuhan hidrofit) b.Epidermis Bawah (Abaksial) ○ Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan bawah daun ○ Umumnya memiliki stomata dengan jumlah lebih banyak daripada epidermis atas ○ Dinding sel lebih tipis dibandingkan epidermis atas ○ Sering memiliki lebih banyak trikoma	a.Parenkim Palisade (Jaringan Tiang) ○ Terdapat di bawah epidermis atas ○ Sel-sel berbentuk silindris, tersusun rapat dan tegak ○ Banyak mengandung kloroplas ○ Merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis ○ Umumnya hanya terdapat pada daun dikotil b. Parenkim Spons (Jaringan Bunga Karang) ○ Terletak di bawah parenkim palisade ○ Sel-sel berbentuk tidak beraturan dengan banyak ruang antarsel	a.Berkas Pembuluh (Vascular Bundle) ○ Tersusun dari xilem dan floem ○ Terdapat dalam tulang daun (vena) ○ Dikelilingi oleh seludang berkas (bundle sheath) b. Xilem ○ Terletak di bagian atas berkas pembuluh ○ Mengangkut air dan mineral dari akar ke daun ○ Terdiri dari trakeid dan unsur pembuluh (vessel elements) c. Floem ○ Terletak di bagian bawah berkas pembuluh ○ Mengangkut hasil fotosintesis dari daun

c. Stomata ○ Terdiri dari sepasang sel penjaga (guard cells) yang mengandung kloroplas ○ Dikelilingi oleh sel-sel tetangga dengan bentuk khusus ○ Berfungsi mengatur pertukaran gas dan penguapan air ○ Distribusi dan kepadatan stomata bervariasi tergantung pada jenis tumbuhan dan habitat.	○ Mengandung kloroplas lebih sedikit dibanding parenkim palisade ○ Ruang antarsel berperan dalam pertukaran gas.	ke bagian tumbuhan lainnya ○ Tersusun dari sel-sel tapis dan sel pengiring. d. Seludang Berkas (Bundle Sheath) ○ Lapisan sel yang mengelilingi berkas pembuluh ○ Pada tumbuhan C4, berperan dalam fiksasi CO2.

2. Perbedaan Struktur Anatomi Daun Monokotil dan Dikotil

Gambar 1.2 Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil

Daun merupakan organ penting dalam proses fotosintesis tumbuhan. Struktur internal daun pada tumbuhan dikotil dan monokotil memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan adaptasi fisiologisnya. Perbandingan anatomi daun kedua kelompok tumbuhan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1.2. Perbedaan Struktur Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil

Daun Dikotil	Daun Monokotil	Perbedaan Utama
• Epidermis: Lapisan terluar yang melindungi daun • Mesofil: Jaringan tengah daun yang terdiri dari sel-sel berfotosintesis • Xilem: Jaringan pengangkut air dan mineral (ditunjukkan dengan warna merah/pink) • Floem: Jaringan pengangkut hasil fotosintesis (ditunjukkan dengan warna biru) • Stomata: Pori-pori kecil untuk pertukaran gas	• Epidermis: Lapisan pelindung luar • Palisade: Jaringan tiang yang rapat untuk fotosintesis intensif • Berkas pengangkut: Kombinasi xilem dan floem yang tersusun dalam bundel • Bunga karang: Jaringan spons dengan banyak ruang udara • Stomata: Pori-pori untuk pertukaran gas.	• Daun dikotil memiliki struktur mesofil yang lebih sederhana • Daun monokotil memiliki diferensiasi yang lebih jelas antara jaringan palisade (untuk fotosintesis) dan bunga karang (untuk sirkulasi udara) • Susunan berkas pengangkut juga berbeda antara keduanya.

F. Alat dan Bahan

1. Alat dan Bahan :

No	Alat	Bahan
1	Mikroskop cahaya	Daun dari tumbuhan dikotil (*Hibiscus rosa-sinensis*/kembang sepatu)
2	Kaca objek dan kaca penutup	Daun dari tumbuhan monokotil (*Zea mays*/jagung)
3	Pipet tetes	Daun dari tumbuhan xerofil (*Aloe vera*/lidah buaya atau *Sansevieria*/lidah mertua)
4	Silet/mikrotom tangan	Daun dari tumbuhan mesofil (*Mangifera indica*/mangga)
5	Pinset	Daun dari tumbuhan hidrofil (*Nymphaea*/teratai atau yang lainnya)
6	Jarum preparate	Akuades
7	Cawan petri	
8	Kertas tisu	
9	Kamera/smartphone untuk dokumentasi	
10	Alat tulis dan buku catatan	

G. Petunjuk Pratikum

Keselamatan Kerja

1. Gunakan jas laboratorium, sarung tangan, dan masker selama praktikum
2. Hati-hati dalam menggunakan alat tajam seperti silet/mikrotom
3. Perlakukan bahan kimia dengan hati-hati, hindari kontak langsung dengan kulit
4. Jaga kebersihan area kerja sebelum dan sesudah praktikum.

Pembuatan Preparat

1. Persiapan Daun
   - Pilih daun yang masih segar
   - Untuk daun yang tebal, potong bagian tengah daun (hindari tulang daun utama)
   - Untuk daun yang tipis, lipat daun dan potong pada lipatan
2. Irisan Melintang
   - Buat irisan melintang setipis mungkin menggunakan silet tajam
   - Lakukan pemotongan dengan gerakan satu arah (tidak bolak-balik)
   - Letakkan irisan pada cawan petri berisi aquades

3. Persiapan Preparat
   - Pilih irisan yang paling tipis dan bagus
   - Pindahkan irisan ke kaca objek
   - Teteskan 1-2 tetes aquades pada irisan
   - Tunggu 2-3 menit agar sel terendam air
4. Pengamatan
   - Tutup dengan kaca penutup secara hati-hati (hindari gelembung udara)
   - Amati di bawah mikroskop dengan perbesaran bertahap (40x, 100x, 400x)

Pengamatan Preparat

1. Amati struktur anatomi daun mulai dari epidermis atas hingga epidermis bawah
2. Identifikasi jaringan epidermis, mesofil (parenkim palisade dan parenkim spons), dan jaringan vaskular
3. Perhatikan perbedaan susunan mesofil dan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil
4. Perhatikan adaptasi khusus pada daun xerofil, mesofil, dan hidrofil
5. Hitung jumlah stomata perbidang pandang pada berbagai jenis daun
6. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Model Pembelajaran *Problem-Based Learning*

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

- **Skenario Masalah**

Perubahan iklim global telah menyebabkan perubahan pola curah hujan yang signifikan di berbagai wilayah. Beberapa daerah mengalami kekeringan berkepanjangan, sementara daerah lain mengalami banjir yang lebih sering. Hal ini berdampak serius pada pertanian dan keamanan pangan.

Sebuah lembaga penelitian pertanian internasional sedang mengembangkan varietas baru tanaman pangan yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim. Sebagai bagian dari tim peneliti, Anda diminta untuk menganalisis struktur anatomi daun dari berbagai spesies tanaman (padi,

gandum, jagung, dan kedelai) dan mengidentifikasi karakteristik anatomi yang berpotensi meningkatkan ketahanan terhadap kondisi kekeringan dan/atau genangan air.

Selain itu, lembaga tersebut juga ingin memahami bagaimana modifikasi genetik dapat diarahkan untuk mengubah struktur anatomi daun guna meningkatkan efisiensi fotosintesis dan penggunaan air pada tanaman pangan. Tantangan Anda adalah mengidentifikasi target struktur anatomi daun yang paling potensial untuk dimodifikasi.

- **Pertanyaan Pematik**

1. Bagaimana struktur anatomi daun berkontribusi terhadap efisiensi fotosintesis dan penggunaan air?
2. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi kekeringan?
3. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi genangan air?
4. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan?
5. Komponen struktural daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan iklim?

Tahap 2: Mengorganisasi Mahasiswa untuk Belajar

Instruksi

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari 4-5 mahasiswa
2. Diskusikan skenario masalah dan identifikasi aspek-aspek yang perlu diselidiki
3. Buat rencana investigasi yang mencakup:
   - Pembagian tugas antar anggota kelompok
   - Jadwal pelaksanaan investigasi
   - Sumber informasi yang akan digunakan
   - Metode pengumpulan dan analisis data
4. Siapkan tabel untuk mencatat hasil pengamatan anatomi daun dari berbagai jenis tumbuhan

- **Format Rencana Investigasi**

Aspek Masalah	Metode Investigasi	Anggota Penanggung Jawab	Target Waktu Penyelesaian

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Individu dan Kelompok

Aktivitas Penyelidikan

1. Pengamatan Struktur Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil
   - Buat preparat segar penampang melintang daun kembang sepatu (dikotil) dan jagung (monokotil)
   - Amati dan identifikasi jaringan penyusun daun pada kedua jenis tumbuhan
   - Bandingkan perbedaan struktur mesofil dan susunan jaringan vaskular
   - Gambar hasil pengamatan dengan detail dan beri keterangan
2. Analisis Adaptasi Anatomi Daun pada Berbagai Habitat
   - Buat preparat segar penampang melintang daun xerofil (lidah buaya), mesofil (mangga), dan hidrofil (teratai/apu-apu)
   - Identifikasi adaptasi khusus pada masing-masing jenis daun
   - Ukur ketebalan kutikula, jumlah stomata, dan ketebalan mesofil
   - Analisis hubungan antara struktur adaptif dengan kondisi habitat
3. Investigasi Stomata dan Fungsinya
   - Buat preparat segar epidermis daun dari berbagai jenis tumbuhan
   - Hitung jumlah stomata per bidang pandang (stomatal density)
   - Ukur ukuran stomata dan sel penjaga
   - Analisis pola distribusi stomata pada permukaan atas dan bawah daun
   - Hubungkan dengan fungsi transpirasi dan pertukaran gas
4. Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan
   - Pilih satu jenis tanaman (misalnya: kacang hijau) dan tanam pada kondisi berbeda (normal, kering, tergenang)
   - Setelah 2 minggu, ambil sampel daun dan buat preparat segar
   - Amati perubahan struktur anatomi yang terjadi
   - Analisis respons adaptif tumbuhan terhadap kondisi lingkungan.

- **Lembar Hasil Pengamatan**

1. Struktur Anatomi Daun Dikotil *(Hibiscus Rosa Sinensis*/Kembang Sepatu*)*

- Gambar Pengamatan

- Tabel Hasil Pengamatan

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas			
2	Parenkim palisade			
3	Parenkim spons			
4	Berkas pembuluh			
5	Epidermis bawah			
6	Stomata			

2. Struktur Anatomi Daun Monokotil (*Zea mays*/Jagung)

- Gambar Pengamatan

- Tabel Hasil Pengamatan

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas			
2	Mesofil			
3	Berkas pembuluh			
4	Seludang berkas			
5	Epidermis bawah			
6	Stomata			

3. Analisis Perbandingan Daun *Xerofil, Mesofil*, dan *Hidrofil*

- Tabel Hasil Pengamatan

Parameter	Daun Xerofil (*Aloe vera*)	Daun Mesofil (*Mangifera indica*)	Daun Hidrofil (*Pistia/Nymphaea*)
Ketebalan kutikula (µm)			
Ketebalan epidermis atas (µm)			
Ketebalan mesofil (µm)			
Jumlah stomata per mm^2 (adaksial)			
Jumlah stomata per mm^2 (abaksial)			
Posisi stomata			
Ada/tidaknya jaringan penyimpan air			
Ruang antarsel di mesofil			
Adaptasi khusus lainnya			

4. Hasil Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan

- Tabel Hasil Pengamatan

Parameter Anatomi	Kondisi Normal	Kondisi Kering	Kondisi Tergenang
Ketebalan daun (µm)			
Ketebalan kutikula (µm)			
Jumlah stomata per mm^2			
Ukuran sel palisade (µm)			
Ruang antarsel di mesofil			
Perubahan adaptif lainnya			

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Instruksi

1. Berdasarkan hasil penyelidikan, buatlah laporan kelompok yang mencakup:
   - Hasil pengamatan struktur anatomi daun
   - Analisis perbandingan daun monokotil dan dikotil
   - Analisis adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan antara struktur anatomi dengan fungsi fisiologis daun
   - Rekomendasi struktur anatomi daun yang potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim
2. Siapkan presentasi kelompok (10-15 menit) yang menjelaskan:
   - Masalah yang diinvestigasi
   - Metode penyelidikan
   - Data dan hasil analisis
   - Kesimpulan dan rekomendasi untuk program pemuliaan tanaman adaptif
3. Buatlah poster atau infografis yang mengilustrasikan:
   - Perbandingan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Adaptasi anatomi daun terhadap berbagai kondisi lingkungan
   - Strategi modifikasi anatomi daun untuk meningkatkan ketahanan tanaman

Format Laporan Kelompok

1. Pendahuluan (latar belakang masalah, tujuan penyelidikan)
2. Tinjauan Pustaka (struktur dan fungsi daun, adaptasi anatomi)
3. Metodologi (bahan, alat, prosedur kerja)
4. Hasil dan Pembahasan
   - Struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Perbandingan adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan struktur dengan fungsi fisiologis
   - Implikasi untuk pemuliaan tanaman adaptif
5. Kesimpulan dan Rekomendasi
6. Daftar Pustaka
7. Lampiran (gambar hasil pengamatan, data mentah)

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

- **Diskusi Kritis**

Berdasarkan hasil investigasi dan presentasi kelompok, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan penggunaan air? Berikan contoh spesifik dari hasil pengamatan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Jelaskan hubungan antara karakteristik adaptif daun tumbuhan xerofil dengan kemampuannya bertahan pada kondisi kekeringan! Struktur anatomi mana yang paling berperan dalam konservasi air?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana adaptasi anatomi daun tumbuhan hidrofil memfasilitasi pertukaran gas dan fotosintesis dalam lingkungan berair? Bandingkan dengan adaptasi daun tumbuhan mesofil!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Bagaimana perbedaan susunan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil memengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan? Jelaskan dengan contoh spesifik!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Berdasarkan hasil penyelidikan, struktur anatomi daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap: a. Kekeringan b. Genangan air c. Intensitas cahaya tinggi Berikan argumentasi ilmiah untuk setiap jawaban!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Evaluasi kelebihan dan keterbatasan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Bagaimana penelitian ini dapat diperbaiki di masa depan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Persiapan

1. Siapkan semua alat dan bahan yang diperlukan
2. Pastikan mikroskop berfungsi dengan baik
3. Baca instruksi dengan seksama sebelum memulai praktikum

Pembuatan

1. Siapkan batang segar tanaman monokotil dan dikotil
2. Potong batang tanaman dengan silet yang tajam setebal ±1-2 mm
3. Buat irisan melintang setipis mungkin secara melintang
4. Letakkan irisan pada kaca objek
5. teteskan 1-2 tetesan aquades pada irisan
6. Tunggu 2-3 menit agar sel terendam air
7. Tutup dengan kaca penutup (hindari gelembung udara)

Pengamatan

1. Amati struktur anatomi batang mulai dari jaringan terluar hingga terdalam
2. Mulailah pengamatan perbesaran 40x, lanjut ke 100x dan 400x
3. Identifikasi struktur jaringan epidermis, korteks, endodermis, floem, kambium, dan xylem
3. Perhatikan perbedaan monokotil (berkas pembulu terbesar) dan di kotil (berkas pembulu membentuk lingkaran)
4. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Model Pembelajaran *Problem-Based Learning*

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

Skenario Masalah

Sebuah perusahaan agrikultur sedang mengembangkan teknologi untuk meningkatkan transportasi air dan nutrisi pada tanaman pangan. Mereka menemukan bahwa beberapa tanaman mengalami hambatan dalam proses transportasi tersebut yang berkaitan dengan struktur anatomi batang. Sebagai seorang botanis yang dikontrak oleh perusahaan tersebut, Anda diminta untuk menganalisis struktur anatomi batang berbagai jenis tanaman pangan (monokotil dan dikotil) dan memberikan rekomendasi bagaimana struktur anatomi berkaitan dengan efisiensi transportasi air dan nutrisi.

Selain itu, perusahaan sedang meneliti kemungkinan rekayasa struktur batang untuk meningkatkan produksi biomassa pada tanaman energi. Mereka ingin memahami bagaimana pertumbuhan sekunder pada batang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan produksi biomassa tanpa mengganggu transportasi nutrisi.

- **Pertanyaan Refleksi**

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi, bagaimana struktur anatomi daun berperan dalam penyerapan air dan nutrisi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana perbedaan struktur akar monokotil dan dikotil dapat mempengaruhi kemampuan adaptasi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dikotil memberikan keuntungan bagi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Solusi apa yang dapat Anda tawarkan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering berdasarkan pemahaman tentang anatomi akar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Jelaskan apasaja kendala yang Anda hadapi selama proses pembelajaran dan bagaimana cara mengatasinya?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I. Penilaian

- **Penilaian Proses**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

- **Pertanyaan Refleksi**

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi, bagaimana struktur anatomi daun berperan dalam penyerapan air dan nutrisi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana perbedaan struktur akar monokotil dan dikotil dapat mempengaruhi kemampuan adaptasi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dikotil memberikan keuntungan bagi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Solusi apa yang dapat Anda tawarkan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering berdasarkan pemahaman tentang anatomi akar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Jelaskan apasaja kendala yang Anda hadapi selama proses pembelajaran dan bagaimana cara mengatasinya?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I. Penilaian

- **Penilaian Proses**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

J. Rubrik Penilaian Berpikir

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi

LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

Mata Kuliah	**: ANATOMI TUMBUHAN**
Materi	**: Anatomi Batang**
Hari/ Tanggal	**:**
Alokasi Waktu	**: 180 Menit**

Kelompok :

Ketua :

Anggota : 1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

A. Sub CPMK

1.1 Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian utama batang

1.2 Mahasiswa mampu menganalisis hubungan antara struktur batang dan fungsinya dalam pertumbuhan serta perkembangan tumbuhan

1.3 Mahasiswa mampu menjelaskan perbedaan jaringan primer dan sekunder pada batang

1.4 Mahasiswa mampu menganalisis perubahan struktur batang selama pertumbuhan sekunder pada tumbuhan dikotil dan gimnospermae

1.5 Mahasiswa mampu membandingkan perbedaan anatomi batang monokotil dan dikotil berdasarkan susunan jaringan vascular.

B. Tujuan Praktikum

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, mahasiswa mampu:

1. Mengidentifikasi bagian-bagian utama anatomi batang monokotil dan dikotil dengan akurat
2. Menjelaskan fungsi masing-masing jaringan penyusun batang
3. Membedakan karakteristik jaringan primer dan sekunder pada batang

4. Menganalisis proses pertumbuhan sekunder pada batang tumbuhan dikotil dan gimnospermae
5. Menjelaskan perbedaan struktur anatomi batang monokotil dan dikotil berdasarkan susunan jaringan vaskular
6. Menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi batang
7. Mengajukan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi batang tumbuhan
8. Menganalisis hubungan antara struktur batang dan fungsinya dalam pertumbuhan serta perkembangan tumbuhan.

C. Petunjuk Belajar

1. Bacalah informasi pendukung yang tersedia di bagian materi.
2. Lakukan pengamatan terhadap sampel tumbuhan yang disediakan.
3. Lengkapi tabel dan jawab pertanyaan sesuai dengan hasil pengamatan.
4. Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok kecil sebelum menyimpulkan.
5. Kerjakan semua pertanyaan dengan mandiri dan diskusikan dengan dosen jika mengalami kesulitan.

D. Indikator Pencapaian

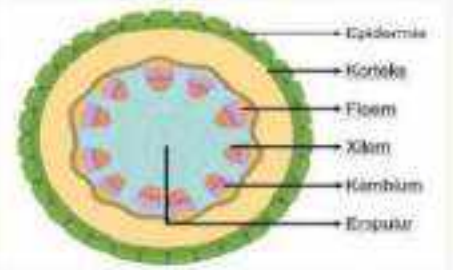
Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran, mahasiswa dapat:

1. Mengidentifikasi bagian-bagian utama anatomi batang monokotil dan dikotil dengan akurat
2. Menjelaskan fungsi masing-masing jaringan penyusun batang
3. Membedakan karakteristik jaringan primer dan sekunder pada batang
4. Menganalisis proses pertumbuhan sekunder pada batang tumbuhan dikotil dan gimnospermae
5. Menjelaskan perbedaan struktur anatomi batang monokotil dan dikotil berdasarkan susunan jaringan vascular
6. Membuat preparat segar penampang melintang batang
7. Menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi batang
8. Mengajukan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi batang tumbuhan.

E. Materi Pembelajaran

1. Struktur Anatomi Batang

Batang merupakan organ tumbuhan yang memiliki fungsi utama sebagai penopang, penyalur air dan nutrisi, serta tempat penyimpanan cadangan makanan. Secara anatomis, batang tersusun dari beberapa jaringan yang terorganisir dengan baik untuk menjalankan fungsi-fungsi tersebut. Untuk mengetahui struktur bagian dalam akar. Berikut akan diuraikan setiap bagian dari anatomi batang.



Gambar 1.1 Struktur Anatomi Batang Bagian Dalam

a) Jaringan Penyusun Batang

Jaringan	Lokasi	Fungsi	Karakteristik
Epidermis	Lapisan terluar	Pelindung, mencegah kehilangan air	Selapis sel, berkutikula, memiliki stomata
Korteks	Di bawah epidermis	Penyimpanancadangan makanan, fotosintesis, dan membantu transportasi	Sel hidup, berdinding tipis, banyak ruang antar sel
Kambium	Antara xilem dan floem (dikotil)	Menambah diameter batang melalui pembentukan xilem dan floem sekunder	Jaringan meristematik, sel aktif membelah, menyebabkan pertumbuhan sekunder
Periderm (Gabus)	Mengganti epidermis saat batang menebal	Melindungi batang tua dari kehilangan air dan patogen	Terdiri dari sel-sel mati, kedap air dan gas, dibentuk oleh kambium gabus.

b) Jaringan Vaskular

- Xilem

Jaringan pengangkut air dan mineral dari akar ke daun. Tersusun dari trakeid, unsur pembuluh, parenkim xilem, dan serabut xylem. Sel-sel pengangkut xilem mengalami lignifikasi (penebalan dinding sel).

- Floem

Jaringan pengangkut hasil fotosintesis. Tersusun dari sel-sel tapis, sel pengiring, parenkim floem, dan serabut floem. Sel-sel pengangkut floem memiliki dinding sel yang tipis.

2. Perbedaan Anatomi Batang Monokotil dan Dikotil

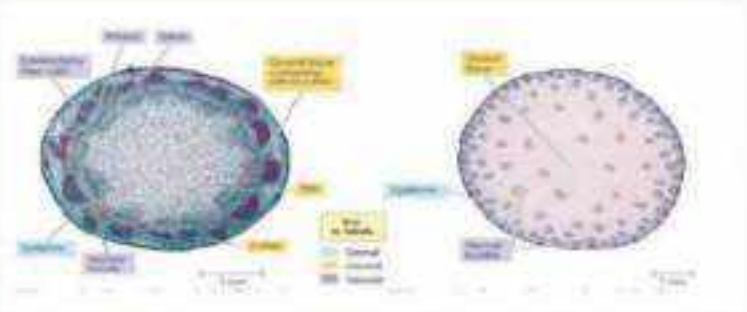
Pada strukturnya ada beberapa perbedaan struktur anatomi batang dikotil dan monokotil, yaitu :

Gambar 1.2 Anatomi Batang Tumbuhan

Perbedaan Jaringan Pengangkut Dikotil dan Monokotil pada gambar di atas:

Tumbuhan Dikotil	Tumbuhan Monokotil
• Xilem dan floem tersusun berdampingan (xilem di dalam, floem di luar) • Memiliki kambium vaskuler di antara xilem dan floem (kambium intravaskuler) • Kambium berasal dari jaringan parenkim yang berkembang • Dapat melakukan pertumbuhan sekunder sehingga diameter batang bertambah besar • Berkas pembuluh tersusun dalam satu lingkaran • Berkas pembuluh bertipe kolateral terbuka (memiliki kambium) • Mengalami pertumbuhan sekunder • Xilem berada di bagian dalam dan floem di bagian luar berkas pembuluh • Memiliki empulur yang jelas di bagian tengah batang • Korteks dan empulur dapat dibedakan dengan jelas	• Xilem dan floem tersebar dan saling terikat dalam berkas pengangkut • Tidak memiliki kambium vaskuler • Tidak dapat melakukan pertumbuhan sekunder • Diameter batang tidak bertambah besar setelah tumbuh • Xilem berbentuk huruf "Y" atau "V" dengan floem berada di antara lengan xylem • Tidak memiliki empulur yang jelas • Korteks dan empulur sulit dibedakan.

3. Perubahan Struktur Batang Selama Pertumbuhan Sekunder



Gambar1.3. Organisasi jaringan primer pada batang muda. (A) Irisan melintang batang dengan berkas vaskular yang membentuk cincin (dikotil) (B) Irisan melintang dengan berkas vaskular yang tersebar (Monokotil) (Sumber : campbell)

Perbedaan Perubahan Struktur Batang Selama Pertumbuhan Sekunder pada batang muda dan batang tua, dapat dilihat dibawah ini:

Batang Muda (Struktur Primer)	Batang Tua (Setelah Pertumbuhan Sekunder)
• Epidermis utuh sebagai lapisan terluar • Korteks tersusun dari sel-sel parenkim • Berkas pembuluh primer tersusun dalam lingkaran • Empulur luas di tengah batang	• Epidermis digantikan oleh periderm (jaringan gabus) • Pembentukan lentisel pada periderm untuk pertukaran gas • Korteks menjadi tertekan dan menyempit • Penambahan xilem sekunder yang signifikan, membentuk kayu • Floem sekunder terdorong ke arah luar • Empulur tetap di tengah, tapi proporsinya mengecil • Terbentuk jari-jari empulur yang menghubungkan empulur dengan korteks

F. Alat dan Bahan

No	Alat	Bahan
1	Mikroskop cahaya	Batang muda tanaman jagung (*Zea mays*) - mewakili batang monokotil
2	Kaca objek dan kaca penutup	Batang muda tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*) atau bayam (*Amaranthus caudatus*)- mewakili batang dikotil
3	Pipet tetes	Aquades
4	Silet/cutter tajam	Batang muda tanaman jagung (*Zea mays*) - mewakili batang monokotil
5	Pinset	
6	Cawan petri	
7	Kertas tisu	
8	Kamera/smartphone untuk dokumentasi	
9	Alat tulis dan buku catatan	

G. Petunjuk Pratikum

Keselamatan

1. Gunakan jas laboratorium, sarung tangan, dan masker selama praktikum
2. Hati-hati dalam menggunakan alat tajam seperti silet/mikrotom
3. Perlakukan bahan kimia dengan hati-hati, hindari kontak langsung dengan kulit
4. Jaga kebersihan area kerja sebelum dan sesudah praktikum

Persiapan

1. Siapkan semua alat dan bahan yang diperlukan
2. Pastikan mikroskop berfungsi dengan baik
3. Baca instruksi dengan seksama sebelum memulai praktikum

Pembuatan

1. Siapkan batang segar tanaman monokotil dan dikotil
2. Potong batang tanaman dengan silet yang tajam setebal ±1-2 mm
3. Buat irisan melintang setipis mungkin secara melintang
4. Letakkan irisan pada kaca objek
5. teteskan 1-2 tetesan aquades pada irisan
6. Tunggu 2-3 menit agar sel terendam air
7. Tutup dengan kaca penutup (hindari gelembung udara)

Pengamatan

1. Amati struktur anatomi batang mulai dari jaringan terluar hingga terdalam
2. Mulailah pengamatan perbesaran 40x, lanjut ke 100x dan 400x
3. Identifikasi struktur jaringan epidermis, korteks, endodermis, floem, kambium, dan xylem
3. Perhatikan perbedaan monokotil (berkas pembulu terbesar) dan di kotil (berkas pembulu membentuk lingkaran)
4. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Model Pembelajaran *Problem-Based Learning*

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

Skenario Masalah

Sebuah perusahaan agrikultur sedang mengembangkan teknologi untuk meningkatkan transportasi air dan nutrisi pada tanaman pangan. Mereka menemukan bahwa beberapa tanaman mengalami hambatan dalam proses transportasi tersebut yang berkaitan dengan struktur anatomi batang. Sebagai seorang botanis yang dikontrak oleh perusahaan tersebut, Anda diminta untuk menganalisis struktur anatomi batang berbagai jenis tanaman pangan (monokotil dan dikotil) dan memberikan rekomendasi bagaimana struktur anatomi berkaitan dengan efisiensi transportasi air dan nutrisi.

Selain itu, perusahaan sedang meneliti kemungkinan rekayasa struktur batang untuk meningkatkan produksi biomassa pada tanaman energi. Mereka ingin memahami bagaimana pertumbuhan sekunder pada batang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan produksi biomassa tanpa mengganggu transportasi nutrisi.

Pertanyaan Pemandu

1. Bagaimana struktur anatomi batang mendukung fungsi transportasi pada tumbuhan?
2. Mengapa terdapat perbedaan susunan jaringan vaskular antara tumbuhan monokotil dan dikotil?
3. Bagaimana proses pertumbuhan sekunder pada batang mempengaruhi fungsi transportasi dan kekuatan mekanik batang?
4. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi efisiensi transportasi nutrisi dalam batang tumbuhan?
5. Bagaimana pengetahuan tentang anatomi batang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan produktivitas tanaman?

Tahap 2: Mengorganisasi Mahasiswa untuk Belajar

Instruksi

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari 4-5 mahasiswa
2. Diskusikan skenario masalah dan tentukan aspek-aspek masalah yang perlu diselidiki
3. Buat rencana investigasi yang mencakup:
   - Pembagian tugas antar anggota kelompok
   - Jadwal pelaksanaan investigasi
   - Sumber informasi yang akan digunakan
   - Metode pengumpulan dan analisis data
4. Siapkan tabel untuk mencatat hasil pengamatan anatomi batang

Format Rencana Investigasi

No	Aspek Masalah	Metode Investigasi	Anggota Penanggung Jawab	Target Waktu Penyelesaian

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Individu dan Kelompok

Aktivitas Penyelidikan

1. Pengamatan Struktur Anatomi Batang Monokotil dan Dikotil
   - Buat preparat segar penampang melintang batang monokotil (jagung) dan dikotil (bayam)
   - Amati dan identifikasi jaringan penyusun batang
   - Gambar hasil pengamatan dengan detail dan beri keterangan
2. Analisis Jaringan Vaskular
   - Amati susunan dan ukuran berkas pembuluh pada batang monokotil dan dikotil
   - Hitung jumlah berkas pembuluh pada setiap sampel
   - Ukur diameter xilem dan floem pada berbagai posisi batang
3. Investigasi Pertumbuhan Sekunder
   - Bandingkan struktur batang muda dan tua pada tanaman dikotil
   - Amati perkembangan kambium vaskular dan kambium gabus
   - Identifikasi perubahan yang terjadi selama pertumbuhan sekunder
4. Eksperimen Pengangkutan Cairan
   - Siapkan air aquades
   - Letakkan potongan batang segar ke dalam air Aquades
   - Amati pola penyebaran pada penampang batang setelah beberapa jam
   - Bandingkan pola penyebaran pada batang monokotil dan dikotil.

Lembar Hasil Pengamatan

1. Struktur Anatomi Batang Monokotil (*Zea mays*/Jagung)

- **Gambar Pengamatan**

- **Tabel Hasil Pengamatan**

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis			
2	Hipodermis			
3	Parenkim dasar			
4	Berkas pembuluh			
5	Xilem			
6	Floem			

2. Struktur Anatomi Batang Dikotil (*Vigna radiata*/Kacang Hijau)

- **Gambar Pengamatan**

- **Tabel Hasil Pengamatan**

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis			
2	Korteks			
3	Endodermis			
4	Perisikel			
5	Floem			
6	Kambium			
7	Xilem			
8	Empulur			

3. Pertumbuhan Sekunder pada Batang (*Helianthus annuus*/Bunga Matahari)

- **Gambar Pengamatan**

- **Tabel Hasil Pengamatan**

No	Jaringan	Perubahan yang Diamati	Fungsi Terkait Perubahan
1	Epidermis/Periderm		
2	Korteks		
3	Floem sekunder		
4	Kambium vaskular		
5	Xilem sekunder		
6	Empulur		

4. Eksperimen Pengangkutan Cairan

- **Gambar Hasil Eksperimen**

- **Tabel Hasil Eksperimen**

No	Jenis Batang	Pola Penyebaran	Kecepatan Penyebaran	Jaringan yang terlihat
1	Monokotil			
2	Dikotil			

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Instruksi

1. Berdasarkan hasil penyelidikan, buatlah laporan kelompok yang mencakup:
   - Hasil pengamatan struktur anatomi batang
   - Analisis perbandingan struktur batang monokotil dan dikotil
   - Analisis pertumbuhan sekunder pada batang dikotil
   - Hubungan antara struktur anatomi dengan fungsi transportasi
   - Rekomendasi untuk optimalisasi transportasi nutrisi berdasarkan struktur anatomi
2. Siapkan presentasi kelompok (10-15 menit) yang menjelaskan:
   - Masalah yang diinvestigasi
   - Metode penyelidikan
   - Data dan hasil analisis
   - Kesimpulan dan rekomendasi
3. Buatlah poster atau infografis yang mengilustrasikan:
   - Perbandingan struktur anatomi batang monokotil dan dikotil
   - Proses pertumbuhan sekunder pada batang

Format Laporan Kelompok

1. Pendahuluan (latar belakang masalah, tujuan penyelidikan)
2. Tinjauan Pustaka (struktur dan fungsi batang, pertumbuhan primer dan sekunder)
3. Metodologi (bahan, alat, prosedur kerja)
4. Hasil dan Pembahasan
   - Struktur anatomi batang monokotil dan dikotil
   - Perbandingan jaringan vaskular
   - Analisis pertumbuhan sekunder
   - Hubungan struktur dengan fungsi transportasi
5. Kesimpulan dan Rekomendasi
6. Daftar Pustaka
7. Lampiran (gambar hasil pengamatan, data mentah)

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

➢ **Diskusi Kritis**

Berdasarkan hasil investigasi dan presentasi kelompok, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana perbedaan struktur anatomi batang monokotil dan dikotil mempengaruhi efisiensi transportasi air dan nutrisi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Jelaskan kelebihan dan kekurangan sistem vaskular batang monokotil dan dikotil terkait dengan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder berkontribusi terhadap peningkatan biomassa dan kekuatan mekanik batang? Jelaskan proses seluler yang terlibat!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Berdasarkan pengetahuan tentang anatomi batang, bagaimana Anda akan merekomendasikan modifikasi struktur batang untuk meningkatkan produktivitas tanaman energi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Jelaskan bagaimana kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, intensitas cahaya) dapat mempengaruhi perkembangan struktur anatomi batang!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Diskusikan tantangan dan keterbatasan dalam penelitian yang telah dilakukan. Bagaimana penelitian ini dapat ditingkatkan di masa depan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- **Pertanyaan Refleksi**

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi, bagaimana struktur anatomi batang berperan dalam penyerapan air dan nutrisi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana perbedaan struktur akar monokotil dan dikotil dapat mempengaruhi kemampuan adaptasi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dikotil memberikan keuntungan bagi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Solusi apa yang dapat Anda tawarkan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering berdasarkan pemahaman tentang anatomi akar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa saja kendala yang Anda hadapi selama proses pembelajaran dan bagaimana cara mengatasinya?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I. Penilaian

- **Penilaian Proses:**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk:**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

I. Rubrik Penilaian Berpikir Kritis

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi
Evaluasi Bukti	Mengevaluasi bukti dari berbagai sumber secara kritis dan objektif	Mengevaluasi bukti dengan		

LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

Mata Kuliah	**: ANATOMI TUMBUHAN**
Materi	**: Anatomi Akar**
Hari/ Tanggal	**:**
Alokasi Waktu	**: 180 Menit**

Kelompok :

Ketua :

Anggota : 1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

A. Sub CPMK

1.1 Mahasiswa mampu mengidentifikasi komponen untama struktur primer akar

1.2 Mahasiswa mampu membedakan struktur primer akar pada tumbuhan monikotil dan dikotil

1.3 Mahasiswa mampu menjelaskan proses diferensiasi kambiumdan fologen dalam pembentukan jaringan sekunderpada akar

1.4 Mahasiswa mampu mengidentifikasi perbedaan perkembangan jaringan skunder pada akar tumbuhan monokotil dan dikotil.

B. Tujuan Praktikum

Mahasiswa mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis :

1. Mengidentifikasi bagian-bagian struktur anatomi akar melalui pengamatan preparate
2. Membandingkan struktur primer akar monokotil dan dikotil secara analitis
3. Menjelaskan proses diferensiasi jaringan sekunder pada akar melalui kajian dan diskusi
4. Menganalisis perbedaan perkembangan jaringan pada akar monokotil dan dikotil.

C. Petunjuk Belajar

1. Bacalah informasi pendukung yang tersedia di bagian materi.
2. Lakukan pengamatan terhadap sampel tumbuhan yang disediakan.
3. Lengkapi tabel dan jawab pertanyaan sesuai dengan hasil pengamatan.
4. Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok kecil sebelum menyimpulkan.
5. Kerjakan semua pertanyaan dengan mandiri dan diskusikan dengan dosen jika mengalami kesulitan.

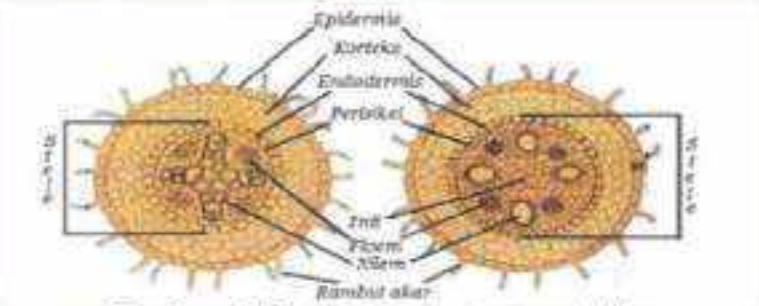
D. Indikator Pencapaian

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Mengidentifikasi bagian-bagian penyusun struktur anatomi akar dengan tepat
2. Membandingkan dan membedakan struktur primer akar dikotil dan monokotil secara akurat
3. Menjelaskan tahapan diferensiasi kambium dan felogen dalam pembentukan jaringan sekunder pada akar
4. Menganalisis perbedaan perkembangan jaringan sekunder pada akar tumbuhan monokotil dan dikotil
5. Menghubungkan struktur anatomi akar dengan fungsinya pada tumbuhan
6. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi

E. Materi Pembelajaran

Akar merupakan organ tumbuhan yang umumnya berada di dalam tanah. Fungsi utama akar adalah untuk menyerap air dan mineral dari dalam tanah, menjadi penopang tumbuhan, serta sebagai organ penyimpan cadangan makanan. Berdasarkan struktur anatominya, akar memiliki beberapa bagian utama:



Gambar 1.1 Bagian-bagian Anatomi Akar

a) Epidermis : Lapisan terluar yang berperan dalam penyerapan air dan mineral; memiliki bulu-bulu akar yang merupakan perpanjangan sel epidermis.

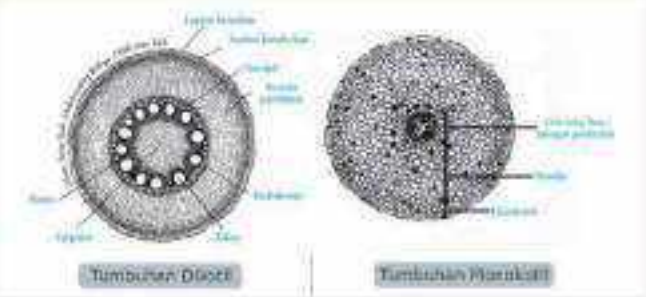
b) Korteks : Jaringan yang terletak di antara epidermis dan endodermis; berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.

c) Endodermis : Lapisan sel yang memisahkan korteks dan stele; memiliki penebalan suberin pada dinding sel yang disebut pita Caspary.

d) Perisikel : Lapisan terluar dari stele; berperan dalam pembentukan akar lateral dan kambium pembuluh.

e) Stele (Silinder Pusat) : Terdiri dari berkas pembuluh (xilem dan floem) serta jaringan pengisi.

2. Perbedaan Struktur Primer Akar Monokotil dan Dikotil



Gambar 1.2 Perbedaan Struktur Primer Akar Monokotil dan Dikotil

Sistem akar merupakan organ vital tumbuhan yang menunjukkan perbedaan anatomi signifikan antara dikotil dan monokotil. Seperti yang dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.1. Perbedaan Struktur Anatomi Akar Dikotil dan Monokotil

Dilihat dari	Akar Dikotil	Akar Monokotil	Perbedaan Utama
Epidermis	Satu lapis, sel rapat, tanpa kutikula	Sama, satu lapis, tanpa kutikula	Tidak ada perbedaan mencolok pada epidermis
Korteks	Tebal, terdiri dari parenkim	Lebih tebal, parenkim lebih besar	Korteks monokotil umumnya lebih luas
Endodermis	Jelas, pita Caspary tebal	Jelas, pita Caspary lebih tipis	Ketebalan pita Caspary
Perisikel	Satu lapis, membentuk cabang akar dan kambium	Satu lapis, hanya membentuk cabang akar	Akar dikotil dapat membentuk kambium, monokotil tidak
Xilem	Berbentuk bintang (2–6 lengan) di tengah	Tersusun melingkar	Pola susunan xilem: bintang (dikotil) vs cincin (monokotil)

Dilihat dari	Akar Dikotil	Akar Monokotil	Perbedaan Utama
Floem	Di antara lengan xilem	Berselang-seling dengan xilem	Pola floem mengikuti susunan xilem
Kambium Vaskular	Ada, antara xilem dan floem	Tidak ada	Hanya akar dikotil yang memiliki kambium untuk pertumbuhan sekunder
Empulur (Pith)	Tidak ada, xilem mengisi pusat akar	Ada, luas di bagian tengah akar	Akar monokotil memiliki empulur, dikotil tidak
Pertumbuhan Sekunder	Terjadi, karena ada kambium	Tidak terjadi, karena tidak ada kambium	Hanya akar dikotil mengalami pertumbuhan sekunder

4. Perbedaan Perkembangan Jaringan Sekunder pada Akar Monokotil dan Dikotil

- **Akar Monokotil**:

- Umumnya tidak mengalami pertumbuhan sekunder
- Tidak memiliki kambium sejati
- Beberapa spesies monokotil mengalami penebalan sekunder melalui meristem penebalan sekunder (secondary thickening meristem).

- **Akar Dikotil**:

- Mengalami pertumbuhan sekunder yang signifikan
- Kambium vaskuler membentuk xilem dan floem sekunder
- Felogen membentuk periderm yang menggantikan epidermis
- Struktur menjadi lebih kompleks dengan adanya jari-jari empulur.

F. Alat dan Bahan

- **Alat dan Bahan**

No	Alat	Bahan
1	Mikroskop cahaya	Akar tanaman monokotil (jagung, padi, atau rumput-rumputan)
2	Gelas objek dan kaca penutup	Akar tanaman dikotil (kacang-kacangan, bayam, atau wortel muda)
3	Pipet tetes	Aquades
4	Silet/pisau tajam	Literatur pendukung
5	Pinset	
6	Cawan petri	
7	Alat tulis	
8	Kertas tisu	
9	Kamera untuk dokumentasi	

G. Petunjuk Pratikum

➢ Keselamatan Kerja:

1. Gunakan jas laboratorium, sarung tangan, dan masker selama praktikum
2. Hati-hati dalam menggunakan alat tajam seperti silet
3. jika megunakan bahan kimia harus hati-hati, hindari kontak langsung dengan kulit
4. Jaga kebersihan area kerja sebelum dan sesudah praktikum

➢ Persiapan

1. Siapkan semua alat dan bahan yang diperlukan
2. Pastikan mikroskop berfungsi dengan baik
3. Baca instruksi dengan seksama sebelum memulai praktikum

➢ Pengamatan Preparat Segar

1. Siapkan akar segar tanaman monokotil dan dikotil
2. Buatlah sayatan melintang pada akar setipis mungkin menggunakan silet atau pisau.
3. Letakkan pada gelas objek dan tetesi dengan dengan aquades
4. Tutup dengan kaca penutup, amati di bawah mikroskop
5. Mulailah pengamatan dengan perbesaran rendah, kemudian lanjutkan dengan perbesaran yang lebih tinggi (perbesaran 40x, lanjut ke 100x dan 400x)
6. Identifikasi bagian-bagian anatomi akar pada masing-masing preparate
7. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Intruksi Tugas

➢ Tugas Individu

1. Buatlah gambar hasil pengamatan struktur anatomi akar monokotil dan dikotil lengkap dengan keterangan bagian-bagiannya
2. Identifikasi perbedaan struktur anatomi akar monokotil dan dikotil berdasarkan hasil pengamatan
3. Jelaskan hubungan antara struktur anatomi akar dengan fungsinya pada tumbuhan
4. Deskripsikan proses pertumbuhan sekunder pada akar dikotil

➢ **Tugas Kelompok**

1. Diskusikan mekanisme diferensiasi kambium dan felogen dalam pembentukan jaringan sekunder pada akar
2. Analisis dan bandingkan perbedaan perkembangan jaringan sekunder pada akar monokotil dan dikotil
3. Buatlah laporan hasil pengamatan secara berkelompok
4. Presentasikan hasil pengamatan dan diskusi di depan kelas

I. Tahapan Pembelajaran *Problem Based Learning*

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

➢ **Kasus Masalah**

"Sebuah perusahaan agrikultur ingin mengembangkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering. Untuk melakukan hal tersebut, diperlukan pemahaman mendalam tentang struktur anatomi akar dan bagaimana struktur tersebut berhubungan dengan fungsi penyerapan. Mereka meminta bantuan tim ahli untuk menganalisis perbedaan anatomi akar pada tanaman monokotil dan dikotil, serta bagaimana pertumbuhan sekunder mempengaruhi kemampuan adaptasi akar terhadap kondisi lingkungan."

➢ **Pertanyaan Pemantik**

1. Mengapa beberapa tanaman lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan yang lain?
2. Bagaimana struktur anatomi akar berperan dalam kemampuan penyerapan air dan mineral?
3. Apa perbedaan mendasar antara struktur akar monokotil dan dikotil yang memengaruhi fungsinya?
4. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dapat mempengaruhi adaptasi tanaman terhadap lingkungan?

Tahap 2: Mengorganisasi Mahasiswa untuk

1. Bagilah kelas menjadi beberapa kelompok (4-5 mahasiswa per kelompok)
2. Setiap kelompok mendapatkan preparat awetan dan bahan untuk preparat segar
3. Distribusikan lembar kerja dan petunjuk praktikum
4. Tentukan peran masing-masing anggota kelompok (koordinator, pencatat, pengamat, juru gambar, presenter)

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Individual maupun Kelompok

- **Aktivitas Penyelidikan**:
  1. Lakukan pengamatan preparat segar akar monokotil dan dikotil
  2. Identifikasi dan gambar struktur anatomi yang teramati
  3. Buat preparat segar dari akar tanaman monokotil dan dikotil
  4. Amati perbedaan struktur jaringan antara kedua jenis akar
  5. Catat semua pengamatan dan temuan dengan detail
  6. Lakukan studi literatur untuk melengkapi informasi
- **Pertanyaan Penuntun**
  1. Bagian apa saja yang dapat Anda identifikasi pada struktur anatomi akar monokotil dan dikotil?

     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....

  2. Identifikasikan perbedaan antara struktur anatomi akar monokotil dan dikotil yang anda amati?

     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....
     .....

3. Bagaimana perbedaan pertumbuhan sekunder mempengaruhi struktur akar monokotil dan dikotil?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

1. Setiap kelompok menyusun laporan hasil pengamatan dan diskusi
2. Laporan harus mencakup:
   - Gambar hasil pengamatan dengan keterangan lengkap
   - Perbandingan struktur anatomi akar monokotil dan dikotil
   - Analisis proses diferensiasi kambium dan felogen
   - Penjelasan mengenai perbedaan perkembangan jaringan sekunder
   - Hubungan antara struktur anatomi dengan fungsi akar
   - Kesimpulan dan saran
3. Siapkan presentasi kelompok (10-15 menit)
4. Gunakan media visual (PPT, poster, atau model) untuk mendukung presentasi

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

- **Diskusi Kelas**

1. Setiap kelompok mempresentasikan hasil pengamatan dan analisisnya
2. Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan
3. Dosen memfasilitasi diskusi dan memberikan klarifikasi jika diperlukan
4. Bersama-sama menganalisis kembali kasus masalah yang diberikan di awal pembelajaran.

➢ **Diskusi Kritis**

Berdasarkan hasil investigasi dan presentasi kelompok, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana arsitektur internal akar (terutama endodermis dan pita Caspary) menentukan jalur transportasi air dan nutrisi? Jelaskan implikasinya terhadap selektivitas penyerapan mineral.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bandingkan peran bulu akar pada monokotil dan dikotil dalam hal luas permukaan penyerapan. Bagaimana perbedaan ini berhubungan dengan adaptasi ekologis?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Jika akar dikotil mengalami pertumbuhan sekunder sedangkan monokotil umumnya tidak, bagaimana hal ini berkontribusi terhadap strategi adaptasi masing-masing kelompok tumbuhan?

.....
.....
.....
.....
.....

4. Jelaskan bagaimana pertumbuhan sekunder mempengaruhi kemampuan akar untuk mengambil air dari tanah yang lebih dalam!

5. Berdasarkan pemahaman Anda tentang struktur anatomi akar, rancang strategi untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air pada tanaman pertanian di lahan kering.

6. Berdasarkan bukti yang Anda kumpulkan, evaluasi apakah modifikasi genetik untuk meningkatkan pertumbuhan sekunder pada akar monokotil akan menguntungkan untuk adaptasi terhadap kekeringan.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

➢ **Pertanyaan Refleksi**:

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi, bagaimana struktur anatomi akar berperan dalam penyerapan air dan nutrisi?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana perbedaan struktur akar monokotil dan dikotil dapat mempengaruhi kemampuan adaptasi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dikotil memberikan keuntungan bagi tanaman?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Solusi apa yang dapat Anda tawarkan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering berdasarkan pemahaman tentang anatomi akar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Jelaskan apa saja kendala yang Anda hadapi selama proses pembelajaran dan bagaimana cara mengatasinya?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

I. Penilaian

- **Penilaian Proses:**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk:**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

J. Rubrik Penilaian Berpikir Kritis

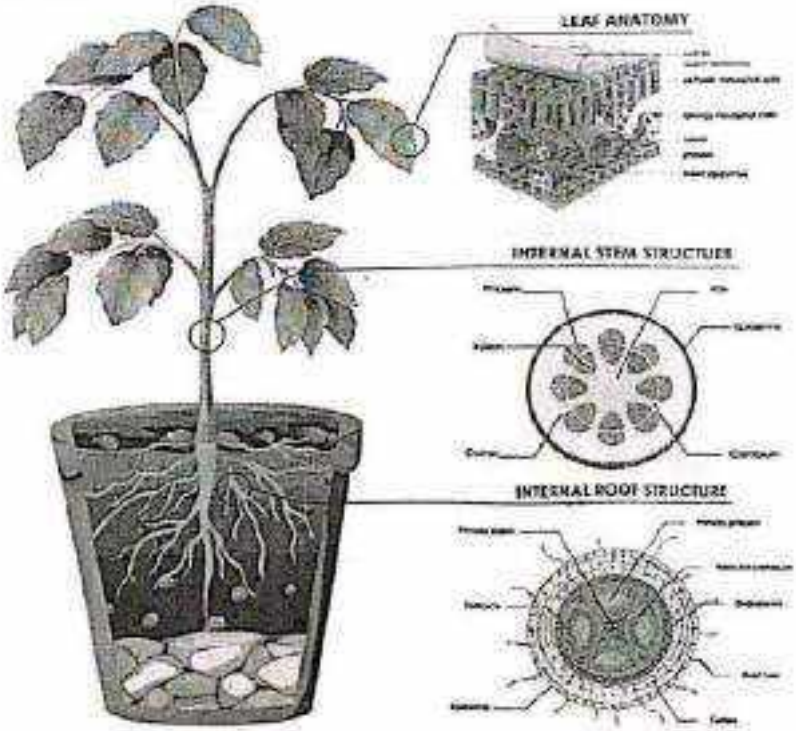
Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi
Evaluasi Bukti	Mengevaluasi bukti dari berbagai sumber secara kritis dan objektif	Mengevaluasi bukti dengan		

Lampiran 8 : LKM YANG SUDAH DI ISI OLEH MAHASISWA

Program Pascasarjana Magister Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

LKM
ANATOMI TUMBUHAN
TENTANG DAUN, BATANG DAN AKAR

Tahun 2024/2025



Disusun Oleh:
Widia Wulandari, S.Pd.
NPM: 23841050004

LEMBAR KERJA MAHASISWA (LKM)

Mata Kuliah	**: MORFOLOGI TUMBUHAN**
Materi	**: Anatomi Daun**
Hari/ Tanggal	**:**
Alokasi Waktu	**: 180 Menit**

Kelompok :3

Ketua :

Anggota : 1. Ambar Maya Lestari

2. Sera Ofendi

3. Nadya Safira

4. Desti Putri Anggeriana

5. .....

A. Sub CPMK

1.1 Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian utama daun (epidermis, mesofil dan jaringan vaskular)

1.2 Mahasiswa mampu membandingkan perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan susunan mesofil dan jaringan vascular

1.3 Mahasiswa mampu mengidentifikasi karakteristik anatomi daun pada tumbuhan xerofil, mesofil dan hidrofil.

B. Tujuan Praktikum

Mahasiswa mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis :

1. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular.
2. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun.

3. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik.
4. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil).
5. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun.
6. Melalui pengamatan preparat dan diskusi, mahasiswa dapat mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

C. Petunjuk Belajar

1. Bacalah informasi pendukung yang tersedia di bagian materi.
2. Lakukan pengamatan terhadap sampel tumbuhan yang disediakan.
3. Lengkapi tabel dan jawab pertanyaan sesuai dengan hasil pengamatan.
4. Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok kecil sebelum menyimpulkan.
5. Kerjakan semua pertanyaan dengan mandiri dan diskusikan dengan dosen jika mengalami kesulitan.

D. Indikator Pencapaian

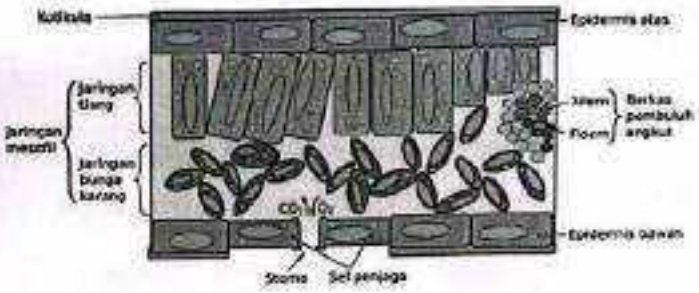
Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, mahasiswa dapat:

1. Mengidentifikasi dengan tepat struktur anatomi daun meliputi epidermis, mesofil, dan jaringan vaskular
2. Menjelaskan fungsi dari masing-masing bagian anatomi daun
3. Membedakan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil berdasarkan ciri-ciri spesifik
4. Menganalisis adaptasi struktur anatomi daun pada tumbuhan dengan habitat berbeda (xerofil, mesofil, hidrofil)
5. Membuat preparat segar penampang melintang daun
6. Menginterpretasikan data hasil pengamatan struktur anatomi daun
7. Mengajukan hipotesis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan struktur dan fungsi daun tumbuhan.

E. Materi Pembelajaran

1. Struktur Anatomi Daun

Daun merupakan organ tumbuhan yang berfungsi utama dalam fotosintesis, transpirasi, dan respirasi. Secara anatomi, daun tersusun dari beberapa jaringan yang terorganisir untuk menjalankan fungsi-fungsinya, Adapun bagian-bagian anatomi daun dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1.1 Bagian-bagian Anatomi Daun

Adapun deskripsi bagian-bagian anatomi pada daun diatas dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 1.1 Deskripsi Struktur, Ciri, dan Fungsi Jaringan Anatomi Daun Tumbuhan

Epidermis	Mesofil	Jaringan Vaskular
a. Epidermis Atas (Adaksial) o Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan atas daun o Sel-sel tersusun rapat tanpa ruang antarsel o Dinding luar sering mengalami penebalan dan dilapisi kutikula o Pada beberapa tumbuhan terdapat trikoma (rambut daun) o Biasanya tidak memiliki kloroplas (kecuali pada tumbuhan hidrofit) b.Epidermis Bawah (Abaksial) o Lapisan sel tunggal yang melapisi permukaan bawah daun o Umumnya memiliki stomata dengan jumlah lebih banyak daripada epidermis atas o Dinding sel lebih tipis dibandingkan epidermis atas o Sering memiliki lebih banyak trikoma	a.Parenkim Palisade (Jaringan Tiang) o Terdapat di bawah epidermis atas o Sel-sel berbentuk silindris, tersusun rapat dan tegak o Banyak mengandung kloroplas o Merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis o Umumnya hanya terdapat pada daun dikotil b. Parenkim Spons (Jaringan Bunga Karang) o Terletak di bawah parenkim palisade o Sel-sel berbentuk tidak beraturan dengan banyak ruang antarsel	a.Berkas Pembuluh (Vascular Bundle) o Tersusun dari xilem dan floem o Terdapat dalam tulang daun (vena) o Dikelilingi oleh seludang berkas (bundle sheath) b. Xilem o Terletak di bagian atas berkas pembuluh o Mengangkut air dan mineral dari akar ke daun o Terdiri dari trakeid dan unsur pembuluh (vessel elements) c. Floem o Terletak di bagian bawah berkas pembuluh o Mengangkut hasil fotosintesis dari daun

c. Stomata o Terdiri dari sepasang sel penjaga (guard cells) yang mengandung kloroplas o Dikelilingi oleh sel-sel tetangga dengan bentuk khusus o Berfungsi mengatur pertukaran gas dan penguapan air o Distribusi dan kepadatan stomata bervariasi tergantung pada jenis tumbuhan dan habitat.	o Mengandung kloroplas lebih sedikit dibanding parenkim palisade o Ruang antarsel berperan dalam pertukaran gas.	ke bagian tumbuhan lainnya o Tersusun dari sel-sel tapis dan sel pengiring. d. Seludang Berkas (Bundle Sheath) o Lapisan sel yang mengelilingi berkas pembuluh o Pada tumbuhan C4 berperan dalam fiksasi CO2.

2. Perbedaan Struktur Anatomi Daun Monokotil dan Dikotil

Gambar 1.2 Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil

Daun merupakan organ penting dalam proses fotosintesis tumbuhan. Struktur internal daun pada tumbuhan dikotil dan monokotil memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan adaptasi fisiologisnya. Perbandingan anatomi daun kedua kelompok tumbuhan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1.2. Perbedaan Struktur Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil

Daun Dikotil	Daun Monokotil	Perbedaan Utama
• Epidermis: Lapisan terluar yang melindungi daun • Mesofil: Jaringan tengah daun yang terdiri dari sel-sel berfotosintesis • Xilem: Jaringan pengangkut air dan mineral (ditunjukkan dengan warna merah/pink) • Floem: Jaringan pengangkut hasil fotosintesis (ditunjukkan dengan warna biru) • Stomata: Pori-pori kecil untuk pertukaran gas	• Epidermis: Lapisan pelindung luar • Palisade: Jaringan tiang yang rapat untuk fotosintesis intensif • Berkas pengangkut: Kombinasi xilem dan floem yang tersusun dalam bundel • Bunga karang: Jaringan spons dengan banyak ruang udara • Stomata: Pori-pori untuk pertukaran gas.	• Daun dikotil memiliki struktur mesofil yang lebih sederhana • Daun monokotil memiliki diferensiasi yang lebih jelas antara jaringan palisade (untuk fotosintesis) dan bunga karang (untuk sirkulasi udara) • Susunan berkas pengangkut juga berbeda antara keduanya.

F. Alat dan Bahan

1. Alat dan Bahan :

No	Alat	Bahan
1	Mikroskop cahaya	Daun dari tumbuhan dikotil (*Hibiscus rosa-sinensis*/kembang sepatu)
2	Kaca objek dan kaca penutup	Daun dari tumbuhan monokotil (*Zea mays*/jagung)
3	Pipet tetes	Daun dari tumbuhan xerofil (*Aloe vera*/lidah buaya atau *Sansevieria*/lidah mertua)
4	Silet/mikrotom tangan	Daun dari tumbuhan mesofil (*Mangifera indica*/mangga)
5	Pinset	Daun dari tumbuhan hidrofil (*Nymphaea*/teratai atau yang lainnya)
6	Jarum preparate	Akuades
7	Cawan petri	
8	Kertas tisu	
9	Kamera/smartphone untuk dokumentasi	
10	Alat tulis dan buku catatan	

G. Petunjuk Pratikum

Keselamatan Kerja

1. Gunakan jas laboratorium, sarung tangan, dan masker selama praktikum
2. Hati-hati dalam menggunakan alat tajam seperti silet/mikrotom
3. Perlakukan bahan kimia dengan hati-hati, hindari kontak langsung dengan kulit
4. Jaga kebersihan area kerja sebelum dan sesudah praktikum.

Pembuatan Preparat

1. Persiapan Daun
   - Pilih daun yang masih segar
   - Untuk daun yang tebal, potong bagian tengah daun (hindari tulang daun utama)
   - Untuk daun yang tipis, lipat daun dan potong pada lipatan
2. Irisan Melintang
   - Buat irisan melintang setipis mungkin menggunakan silet tajam
   - Lakukan pemotongan dengan gerakan satu arah (tidak bolak-balik)
   - Letakkan irisan pada cawan petri berisi aquades

3. Persiapan Preparat
   - Pilih irisan yang paling tipis dan bagus
   - Pindahkan irisan ke kaca objek
   - Teteskan 1-2 tetes aquades pada irisan
   - Tunggu 2-3 menit agar sel terendam air
4. Pengamatan
   - Tutup dengan kaca penutup secara hati-hati (hindari gelembung udara)
   - Amati di bawah mikroskop dengan perbesaran bertahap (40x, 100x, 400x)

Pengamatan Preparat

1. Amati struktur anatomi daun mulai dari epidermis atas hingga epidermis bawah
2. Identifikasi jaringan epidermis, mesofil (parenkim palisade dan parenkim spons), dan jaringan vaskular
3. Perhatikan perbedaan susunan mesofil dan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil
4. Perhatikan adaptasi khusus pada daun xerofil, mesofil, dan hidrofil
5. Hitung jumlah stomata perbidang pandang pada berbagai jenis daun
6. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan

H. Model Pembelajaran *Problem-Based Learning*

Tahap 1: Orientasi Mahasiswa pada Masalah

- **Skenario Masalah**

Perubahan iklim global telah menyebabkan perubahan pola curah hujan yang signifikan di berbagai wilayah. Beberapa daerah mengalami kekeringan berkepanjangan, sementara daerah lain mengalami banjir yang lebih sering. Hal ini berdampak serius pada pertanian dan ketahanan pangan.

Sebuah lembaga penelitian pertanian internasional sedang mengembangkan varietas baru tanaman pangan yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim. Sebagai bagian dari tim peneliti, Anda diminta untuk menganalisis struktur anatomi daun dari berbagai spesies tanaman (padi,

gandum, jagung, dan kedelai) dan mengidentifikasi karakteristik anatomi yang berpotensi meningkatkan ketahanan terhadap kondisi kekeringan dan/atau genangan air.

Selain itu, lembaga tersebut juga ingin memahami bagaimana modifikasi genetik dapat diarahkan untuk mengubah struktur anatomi daun guna meningkatkan efisiensi fotosintesis dan penggunaan air pada tanaman pangan. Tantangan Anda adalah mengidentifikasi target struktur anatomi daun yang paling potensial untuk dimodifikasi.

- **Pertanyaan Pematik**

1. Bagaimana struktur anatomi daun berkontribusi terhadap efisiensi fotosintesis dan penggunaan air?
2. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi kekeringan?
3. Adaptasi anatomi daun apa yang memungkinkan tumbuhan bertahan pada kondisi genangan air?
4. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan?
5. Komponen struktural daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap perubahan iklim?

Tahap 2: Mengorganisasi Mahasiswa untuk Belajar

Instruksi

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari 4-5 mahasiswa
2. Diskusikan skenario masalah dan identifikasi aspek-aspek yang perlu diselidiki
3. Buat rencana investigasi yang mencakup:
   - Pembagian tugas antar anggota kelompok
   - Jadwal pelaksanaan investigasi
   - Sumber informasi yang akan digunakan
   - Metode pengumpulan dan analisis data
4. Siapkan tabel untuk mencatat hasil pengamatan anatomi daun dari berbagai jenis tumbuhan

- **Format Rencana Investigasi**

Aspek Masalah	Metode Investigasi	Anggota Penanggung Jawab	Target Waktu Penyelesaian

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Individu dan Kelompok

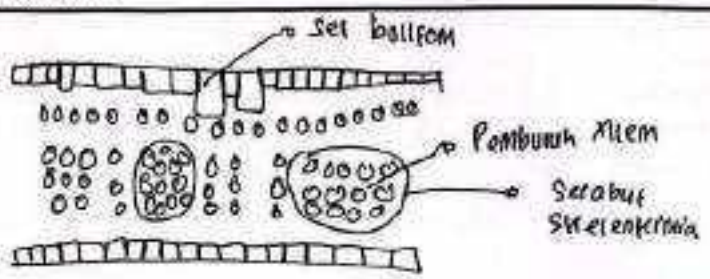
Aktivitas Penyelidikan

1. Pengamatan Struktur Anatomi Daun Dikotil dan Monokotil
   - Buat preparat segar penampang melintang daun kembang sepatu (dikotil) dan jagung (monokotil)
   - Amati dan identifikasi jaringan penyusun daun pada kedua jenis tumbuhan
   - Bandingkan perbedaan struktur mesofil dan susunan jaringan vaskular
   - Gambar hasil pengamatan dengan detail dan beri keterangan
2. Analisis Adaptasi Anatomi Daun pada Berbagai Habitat
   - Buat preparat segar penampang melintang daun xerofil (lidah buaya), mesofil (mangga), dan hidrofil (teratai/apu-apu)
   - Identifikasi adaptasi khusus pada masing-masing jenis daun
   - Ukur ketebalan kutikula, jumlah stomata, dan ketebalan mesofil
   - Analisis hubungan antara struktur adaptif dengan kondisi habitat
3. Investigasi Stomata dan Fungsinya
   - Buat preparat segar epidermis daun dari berbagai jenis tumbuhan
   - Hitung jumlah stomata per bidang pandang (stomatal density)
   - Ukur ukuran stomata dan sel penjaga
   - Analisis pola distribusi stomata pada permukaan atas dan bawah daun
   - Hubungkan dengan fungsi transpirasi dan pertukaran gas
4. Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan
   - Pilih satu jenis tanaman (misalnya: kacang hijau) dan tanam pada kondisi berbeda (normal, kering, tergenang)
   - Setelah 2 minggu, ambil sampel daun dan buat preparat segar
   - Amati perubahan struktur anatomi yang terjadi
   - Analisis respons adaptif tumbuhan terhadap kondisi lingkungan.

- **Lembar Hasil Pengamatan** K

1. Struktur Anatomi Daun Diketil ***(Hibiscus Rosa Sinensis*/Kembang Sepatu)**

- Gambar Pengamatan

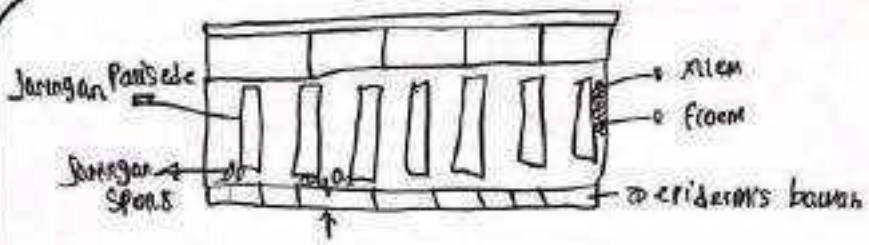


- Tabel Hasil Pengamatan

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas	Lapisan sel tunggal bagian [illegible] mengandung klorofil, [illegible]	Melindungi sel-sel [illegible] bawahnya	Paling atas (permukaan daun)
2	Parenkim palisade	Sel berbentuk silinder tersusun rapat, banyak klorofil	Tempat utama fotosintesis	Di bawah epidermis atas
3	Parenkim spons	Sel berbentuk bulat tidak teratur banyak ruang antar sel	Pertukaran gas dan cadangan air	Di bawah Parisade
4	Berkas pembuluh	Terdiri dari xilem dan floem [illegible] sel pengawal	Pengangkut air, mineral, [illegible]	Tengah daun
5	Epidermis bawah	Sempit, sel pipih dapat [illegible] stomata	Pelindung dan tempat stomata	Bagian bawah daun
6	Stomata	Celah di antara dua sel penjaga	Pertukaran gas dan penguapan air (transpirasi)	Terbesar di epidermis bawah

2. Struktur Anatomi Daun Monokotil (*Zea mays*/Jagung)

- Gambar Pengamatan



- Tabel Hasil Pengamatan

No	Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Lokasi
1	Epidermis atas	berbentuk sel [illegible]	melindungi jaringan dibawahnya dari kehilangan air	Terdapat pada bagian luar dari [illegible] daun, dan akar tumbuh
2	Mesofil	mesofil [illegible] dua di daun daun	tempat [illegible] fotosintesis [illegible]	lapisan terluar yang melindungi bagian dalam
3	Berkas pembuluh	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	Seludang berkas	[illegible]	[illegible] jaringan	[illegible]
5	Epidermis bawah	Sel [illegible]	Pengatur fotosintesis	[illegible]
6	Stomata	Permukaan Daun	[illegible] gas	[illegible] lapisan [illegible]

3. Analisis Perbandingan Daun *Xerofil, Mesofil,* dan *Hidrofil*

- Tabel Hasil Pengamatan

Parameter	Daun Xerofil (*Aloe vera*)	Daun Mesofil (*Mangifera indice*)	Daun Hidrofil (*Pistia/Nymphaea*)
Ketebalan kutikula (μm)	sangat tebal	Sedang	tipis
Ketebalan epidermis atas (μm)	tebal sering berkutikula	sedang	tipis
Ketebalan mesofil (μm)	tebal	Sedang	tipis
Jumlah stomata per mm² (adaksial)	Sedikit	Sedang	tipis
Jumlah stomata per mm² (abaksial)	Banyak	Sedang . banyak	banyak
Posisi stomata	dipermukaan	abaksial	abaksial
Ada/tidaknya jaringan penyimpan air	ada sel berkembang	tidak ada	ada di [illegible]
Ruang antarsel di mesofil	Sedikit.	Sedang	Sangat banyak
Adaptasi khusus lainnya	berdaging	Normal	Perkisaran udara

4. Hasil Eksperimen Pengaruh Kondisi Lingkungan

- Tabel Hasil Pengamatan

Parameter Anatomi	Kondisi Normal	Kondisi Kering	Kondisi Tergenang
Ketebalan daun (μm)	Sedang	lebih tebal	lebih tipis
Ketebalan kutikula (μm)	Sedang	lebih tebal	tipis
Jumlah stomata per mm²	Normal	lebih sedikit	Memudahkan pertukaran gas
Ukuran sel palisade (μm)	Normal	lebih besar	kecil / Normal
Ruang antarsel di mesofil	Sedang	sedikit	lebih banyak
Perubahan adaptif lainnya		lebih tebal	Daun [illegible] [illegible]

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Instruksi

1. Berdasarkan hasil penyelidikan, buatlah laporan kelompok yang mencakup:
   - Hasil pengamatan struktur anatomi daun
   - Analisis perbandingan daun monokotil dan dikotil
   - Analisis adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan antara struktur anatomi dengan fungsi fisiologis daun
   - Rekomendasi struktur anatomi daun yang potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim
2. Siapkan presentasi kelompok (10-15 menit) yang menjelaskan:
   - Masalah yang diinvestigasi
   - Metode penyelidikan
   - Data dan hasil analisis
   - Kesimpulan dan rekomendasi untuk program pemuliaan tanaman adaptif
3. Buatlah poster atau infografis yang mengilustrasikan:
   - Perbandingan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Adaptasi anatomi daun terhadap berbagai kondisi lingkungan
   - Strategi modifikasi anatomi daun untuk meningkatkan ketahanan tanaman

Format Laporan Kelompok

1. Pendahuluan (latar belakang masalah, tujuan penyelidikan)
2. Tinjauan Pustaka (struktur dan fungsi daun, adaptasi anatomi)
3. Metodologi (bahan, alat, prosedur kerja)
4. Hasil dan Pembahasan
   - Struktur anatomi daun monokotil dan dikotil
   - Perbandingan adaptasi anatomi daun pada berbagai habitat
   - Hubungan struktur dengan fungsi fisiologis
   - Implikasi untuk pemuliaan tanaman adaptif
5. Kesimpulan dan Rekomendasi
6. Daftar Pustaka
7. Lampiran (gambar hasil pengamatan, data mentah)

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

- Diskusi Kritis

Berdasarkan hasil investigasi dan presentasi kelompok, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana perbedaan struktur anatomi daun monokotil dan dikotil mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan penggunaan air? Berikan contoh spesifik dari hasil pengamatan!

Daun monokotil memiliki stoma yang terbesar merata kedua permukaan daun sedangkan dikotil lebih banyak memiliki stomata di permukaan bawah. Daun dikotil juga memiliki jaringan palisade yang lebih padat, sehingga lebih efisien dalam menangkap cahaya untuk fotosintesis. Daun monokotil, seperti pada jagung, lebih tahan terhadap kehilangan air karena bentuknya yang sempit dan memanjang. Sedangkan daun dikotil, seperti pada kacang tanah, lebih cepat kehilangan air tetapi memiliki efisiensi fotosintesis lebih tinggi di bawah cahaya intens.

2. Jelaskan hubungan antara karakteristik adaptif daun tumbuhan xerofil dengan kemampuannya bertahan pada kondisi kekeringan! Struktur anatomi mana yang paling berperan dalam konservasi air?

Tumbuhan xerofil, seperti kaktus, memiliki daun yang kecil atau berbentuk duri untuk mengurangi penguapan air. selain itu permukaan daun ditutupi oleh kutikula yang tebal dan stomata yang sedikit dan tertutup pada siang hari. Jaringan spons yang padat dan adanya jaringan penyimpan air juga membantu konservasi air. Struktur yang paling berperan adalah kutikula tebal dan stomata yang tersembunyi atau tertutup. yang mengurangi kehilangan air secara signifikasi

3. Bagaimana adaptasi anatomi daun tumbuhan hidrofil memfasilitasi pertukaran gas dan fotosintesis dalam lingkungan berair? Bandingkan dengan adaptasi daun tumbuhan mesofil!

Tumbuhan hidrofil, seperti eceng gondok memiliki stomata hanya di permukaan atas daun untuk memungkinkan pertukaran gas di atas permukaan air. Jaringan mesofilnya banyak mengandung ruang udara besar untuk membantu mengapung dan pertukaran gas. Sedangkan tumbuhan mesofil seperti bayam memiliki stomata di kedua sisi daun, jaringan palisade dan spons yang terstruktur baik untuk membantu mengapung dan pertukaran gas. Sedangkan tumbuhan mesofil seperti bayam memiliki stomata di kedua sisi daun.

4. Bagaimana perbedaan susunan jaringan vaskular antara daun monokotil dan dikotil memengaruhi kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan? Jelaskan dengan contoh spesifik!

Daun Monokotil memiliki Jaringan Vaskular yang terbesar acak, lebih tahan terhadap kerusakan fisik dan cocok untuk lingkungan panas atau kering (misalnya daun jagung) Daun dikotil memiliki susunan vaskular air dan nutrisi di lingkungan stabil (misalnya daun kacang tanah)

5. Berdasarkan hasil penyelidikan, struktur anatomi daun mana yang paling potensial untuk dimodifikasi guna meningkatkan ketahanan tanaman terhadap: a. Kekeringan b. Genangan air c. Intensitas cahaya tinggi Berikan argumentasi ilmiah untuk setiap jawaban!

a. Kekeringan: Struktur dengan kutikula tebal dan stomata sedikit seperti pada daun kaktus, membantu mengurangi penguapan air.
b. Genangan air: Daun hidrofit dengan ruang antar sel besar (aerenkima) seperti eceng gondok memudahkan pertukaran gas di air
c. Intensitas cahaya tinggi: Daun dengan jaringan palisade tebal dan banyak kloroplas seperti bayam, reflektif menangkap cahaya untuk fotosintesis.

6. Evaluasi kelebihan dan keterbatasan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Bagaimana penelitian ini dapat diperbaiki di masa depan?

Kelebihan: Metode observasi langsung membantu memahami struktur daun secara nyata.
Keterbatasan: Kurangnya alat pendukung seperti mikroskop digital membatasi detail pengamatan.
Perbaikan: Gunakan teknologi mikroskop modern, lebih banyak sampel tanaman, dan uji eksperimental di lingkungan berda.

•Pertanyaan Refleksi

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi, bagaimana struktur anatomi daun berperan dalam penyerapan air dan nutrisi?

Struktur anatomi daun seperti stomata memungkinkan pertukaran gas dan penguapan uap air dan udara. Jaringan spons dan palisade membantu distribusi air dan nutrisi ke sel-sel fotosintetik. Pembuluh xilem di daun berfungsi menyalurkan air dan mineral dari akar ke jaringan daun untuk proses fotosintesis

2. Bagaimana perbedaan struktur akar monokotil dan dikotil dapat mempengaruhi kemampuan adaptasi tanaman?

Akar monokotil berbentuk serabut dan menyebar cocok untuk mencegah erosi dan menyerap air dari permukaan tanah. Akar dikotil memiliki akar tunggang yang menembus lebih dalam, membantu tanaman bertahan di musim kering karena dapat mengambil air dari lapisan tanah yang lebih dalam.

3. Bagaimana pertumbuhan sekunder pada akar dikotil memberikan keuntungan bagi tanaman?

Pertumbuhan sekunder memperbesar diameter akar dikotil memperkuat struktur tanaman dan meningkatkan kapasitas penyerapan air serta nutrisi. Hal ini juga memungkinkan akar menopang tanaman lebih stabil dan menjangkau area tanah yang lebih luas.

4. Solusi apa yang dapat Anda tawarkan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan air dan nutrisi pada tanaman di lahan kering berdasarkan pemahaman tentang anatomi akar?

Solusinya adalah memilih tanaman dengan akar tunggang yang panjang agar dapat menjangkau air di lapisan tanah dalam. Selain itu, penggunakan pupuk organik dapat memperbaiki struktur tanah dan memperluas daerah perakaran. Teknik irigasi tetes juga membantu akar menyerap air secara efisien tanpa pemborosan.

5. Jelaskan apasaja kendala yang Anda hadapi selama proses pembelajaran dan bagaimana cara mengatasinya?

Kendala yang dihadapi adalah sulitnya memahami istilah ilmiah dalam anatomi tumbuhan. Cara mengatasi adalah dengan berdiskusi bersama kelompok mencari referensi tambahan, serta bertanya langsung kepada guru untuk memperjelas konsep.

I. Penilaian

- **Penilaian Proses**
  - Keaktifan dalam diskusi kelompok (15%)
  - Kualitas pertanyaan dan kontribusi dalam penyelidikan (15%)
  - Kerjasama tim dan pembagian tugas (10%)
- **Penilaian Produk**
  - Laporan hasil penyelidikan (20%)
  - Presentasi kelompok (15%)
  - Poster/infografis (10%)
  - Jawaban diskusi kritis (15%)

J. Rubrik Penilaian Berpikir

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi

J. Rubrik Penilaian Berpikir

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Kurang (1)
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi masalah dengan sangat jelas dan menyeluruh	Mengidentifikasi masalah dengan cukup jelas	Identifikasi masalah kurang jelas	Tidak dapat mengidentifikasi masalah dengan benar
Analisis Data	Menganalisis data secara mendalam, sistematis, dan komprehensif	Menganalisis data dengan cukup mendalam	Analisis data terbatas dan superfisial	Tidak melakukan analisis data yang memadai
Sintesis Informasi	Menghubungkan berbagai informasi dengan sangat baik dan menghasilkan pola/konsep baru	Menghubungkan beberapa informasi dengan cukup baik	Sintesis informasi terbatas	Tidak mampu menghubungkan informasi

Lampiran 9 : ANALISIS DATA

ANALISIS DATA HASIL UJI LUAS

No	Nama Responden	NPM	NOMOR BUTIRAN ANGKET																							Skor	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Jumlah	Maks	Nilai
1	Cindy Vensiwam	2484205009	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	99	115	88
2	Mutiara Syarah	2484205010	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	102	115	89
3	Madona Elvira	2484205011	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	106	115	96
4	Gita Novriza	2484205012	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	103	115	90
5	Anjele Maya Lestari	2484205013	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	113	115	98
6	Devina Adelia Arfiani	2484205014	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	109	115	95
7	Muhammad Arif	2484205016	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	105	115	91
8	Nadya Saphira	2484205017	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	102	115	88
9	Mia Agustina	2484205018	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	102	115	89
10	Dwika Calvanigrum	2484205019	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	5	104	115	90
11	Elsa Rosiana	2484205020	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	98	115	86
12	Lutfiah Aisyi Rahmah	2484205022	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	104	115	90
13	Elsa Adelliana	2484205023	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	104	115	90
14	Salsabila Rosyah Rinduan	2484205025	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	106	115	93
15	Ridho Lutfiah	2484205026	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	106	115	93
16	Mei Rizki	2484205027	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	105	115	91
17	Perdi Saputra	2484205028	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	103	115	90
18	Redho Achan Pratama	2484205029	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	105	115	91
19	Sella Ejesah	2484205031	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	101	115	88
20	Angga Aulia	2484205033	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	106	115	93
21	Nindo Febriani	2484205036	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	106	115	92
22	Erika Nayla Ridha Sabela	2484205037	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	103	115	90
	Total		96	92	100	100	97	98	100	99	98	98	102	96	101	98	97	104	104	105	100	102	97	103	105	2194	2530	1947
	Rata-rata		4,36	4,18	4,55	4,55	4,41	4,45	4,55	4,50	4,45	4,45	4,64	4,45	4,68	4,45	4,41	4,73	4,73	4,77	4,55	4,64	4,41	4,68	4,77	104,76	115	91

ANALISIS DATA HASIL UJI TERBATAS

No	Nama Responden	NPM	NOMOR BUTIRAN ANGKET																							Jumlah	Skor maks	Nilai
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
1	Adellia Novriani	2484205001	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	106	115	92
2	Estelia Sofika	2484205002	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	4	101	115	88
3	Dapin Pinyto Sari	2484205006	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	101	115	88
4	Dewi Putri Anggraini	2484205007	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	100	115	87
5	Nisa Putri Ayu	2484205008	4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	101	115	88
	Jumlah		20	22	24	22	22	21	21	22	24	23	22	22	25	21	22	24	22	21	21	22	22	25	21	509	575	443
	Rata-rata		4,00	4,40	4,80	4,40	4,40	4,20	4,20	4,4	4,8	4,6	4,4	4,4	5	4,2	4,4	4,8	4,4	4,2	4,2	4,4	4,4	5	4,4	102	115	89

ANALISIS DATA HASIL VALIDASI AHLI MEDIA

Butir	Penilai Validator	S_1	$\sum s$	n(c-1)	v
1	4	3	3	4	0,75
2	4	3	3	4	0,75
3	5	4	4	4	1,00
4	4	3	3	4	0,75
5	5	4	4	4	1,00
6	4	3	3	4	0,75
7	5	4	4	4	1,00
8	4	3	3	4	0,75
9	5	4	4	4	1,00
10	4	3	3	4	0,75
11	5	4	4	4	1,00
12	5	4	4	4	1,00
13	4	3	3	4	0,75
14	4	3	3	4	0,75
15	5	4	4	4	1,00
16	4	3	3	4	0,75

$$V = \sum s/[n(c-1)]$$

Butir	Penilai 1	S_1	$\sum s$	n(c-1)	v
1-16	71	55	55	64	0,86

HASIL ANALISIS DATA VALIDASI MATERI

Butir	Penilai Validator	S1	∑s	n(c-1)	V
1	5	4	4	4	1,00
2	5	4	4	4	1,00
3	5	4	4	4	1,00
4	5	4	4	4	1,00
5	5	4	4	4	1,00
6	4	3	3	4	0,75
7	5	4	4	4	1,00
8	5	4	4	4	1,00
9	4	3	3	4	0,75
10	5	4	4	4	1,00
11	4	3	3	4	0,75
12	4	3	3	4	0,75
13	5	4	4	4	1,00
14	4	3	3	4	0,75
15	5	4	4	4	1,00
16	4	3	3	4	0,75
17	4	3	3	4	0,75
18	4	3	3	4	0,75
19	5	4	4	4	1,00
20	5	4	4	4	1,00
21	4	3	3	4	0,75
22	4	3	3	4	0,75
23	4	3	3	4	0,75

$$V = \sum s/[n(c-1)]$$

Butir	Penilai Validator	S1	∑s	n(c-1)	V
1-23	**104**	**81**	**81**	**92**	**0,88**

Lampiran 10 : DOKUMENTASI

Mahasiswa Melakukan Penelitian

Mahasiswa Mengerjakan Angket Kepraktisan Penggunaan LKM

RIWAYAT HIDUP

Widia Wulandari dilahirkan pada tanggal 23 Februari 2001 di Desa Tumbuk Tebing Kecamatan Bunga Mas Kabupaten Bengkulu Selatan, merupakan putri pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Lukman Harun A dan Ibu Dewi Sartika. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 40 Bengkulu Selatan. Setelah lulus pada tahun 2013, kemudian melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama SMP Negeri 10 Bengkulu Selatan dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 5 Kabupaten Bengkulu Selatan dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan Pendidikanya di Universitas Muhammadiyah Bengkulu sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dan lulus pada tahun 2023 penulis melakukan penelitian skripsi dengan judul **"Inventarisari Jenis-Jenis Ikan di TPI Pantai Pasar Bawah Kecamatan Pasar Manna Kabupaten Bengkulu Selatan Provinsi Bengkulu".**

Kemudian pada tahun 2023 penulis melanjutkan pendidikan ke Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Bengkulu Pendidikan Biologi. Penulis melaksanakan Praktek Pengalaman Profesi (PPP) di Universitas Muhammadiyah Bengkulu pada tahun 2024 di semester II dengan Mata Kuliah "Anatomi Tumbuhan" sebagai syarat mendapatkan gelar Magister Pendidikan Biologi di Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Penulis melakukan penelitian dan Tesis dengan judul **"Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa Berbasis Problem Based Learning Untuk Melatih Berpikir Kritis Mahasiswa di Program Studi Pendidikan Biologi"**, dengan Dosen Pembimbing 1 Dr. Siti Darwa Suryani, M.Si dan Pembimbing II Dr. Irwandi, M.Pd.