

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Aktivitas *uptake glucose* dari ekstrak batang dan kalus brotowali (*Tinospora crispera*) dengan hormon IAA-BAP (TC-1) dan NAA-Kinetin (TC-3) yang ditentukan dengan metode Nelson-Somogyi dan DNS (3,5-dinitrosalisilat) menunjukkan aktivitas *uptake glucose* yang relatif lebih tinggi dan stabil dengan nilai rata-rata mencapai sekitar 55–60% pada konsentrasi rendah (100–200 mg/L) dan tetap berada di atas $\pm 45\%$ hingga 500 mg/L dibandingkan ekstrak batang dan kalus TC-1 yang menunjukkan nilai lebih rendah dan fluktuatif (umumnya $< 50\%$ pada sebagian besar konsentrasi).
2. Berdasarkan metode Nelson–Somogyi, TC-3 tidak menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik terhadap pembandingan berberin, rutin dan metronidazol ($p > 0,05$) meskipun nilai *uptake glucose* sebanding. Perbandingan metode Nelson dan DNS menunjukkan korelasi positif sedang ($r = 0,397$; $p = 0,030$). Perbedaan bermakna uji *paired test* hanya pada berberin ($p = 0,010$) sedangkan sampel lain tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p > 0,05$) menegaskan bahwa kesesuaian kedua metode bersifat spesifik terhadap sampel.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian secara *in vivo* dengan dugaan mekanisme tersebut dapat dilakukan pada tahap selanjutnya untuk mengetahui efektivitas antidiabetes ekstrak batang dan kalus brotowali (*Tinospora crispera*) dalam media yang mengandung kombinasi hormon IAA-BAP (TC-1) dan NAA-Kinetin (TC-3).

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiningrum, P. S. dan Andriani, V. 2022, Tanaman pada Guru Biologi SMA Se-Jawa Timur, *Jurnal Penamas Adi Buana*, **6(1)**: 31–36.
- Ai, X., Yu, P., Peng, L., Luo, L., Liu, J., Li, S., Lai, X., Luan, F. and Meng, X. 2021, Berberine: A Review of its Pharmacokinetics Properties and Therapeutic Potentials in Diverse Vascular Diseases, *Frontiers in pharmacology*, **12(762654)**: 2-26.
- Bayuangga, R. 2024, ‘Uji Aktivitas Antidiabetes Kombinasi *Cinnamomum burmanii*, *Tithonia diversifolia* dan *Curcuma domestica* Secara *In vitro* dengan *Uptake glucose of yeast cell*’, *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Bandara, S., Devereaux, S. and Weerasooriya, A. 2023, Methods to Evaluate the Antiobesity Effects of Medicinal Plants Using Enzyme Assays. *Obesities*, **3(1)**: 13-35.
- Bhatia, S. 2015, Plant Tissue Culture, in Sharma, K., Dahiya, R., Bera, T., Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences, Elsevier, Burlington, 31-107.
- Budianto, R. E., Linawati, N. M., Arijana., Wahyuniari, I. A., dan Wiryawan. 2022. Potensi Senyawa Fitokimia pada Tumbuhan dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah pada Diabetes Melitus, *Jurnal Sains dan Kesehatan*, **4(5)**: 548–556.
- Dewanti, P. 2018, ‘Teknik Kultur Jaringan Tanaman: Prinsip Umum dan Metode Aplikasi di Bidang Bioteknologi Pertanian’, Universitas Jember.
- Dewi, C. M. 2024, ‘Profil Pertumbuhan Kalus Tanaman Brotowali (*Tinospora crispa*) dengan Hormon NAA Kinetin terhadap Kandungan Alkaloid Berberin’, *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Eprillia, R. 2024, ‘Profil Pertumbuhan Kultur Suspensi Sel *Tinospora crispa* dengan Hormon IAA-BAP (TC-1) terhadap Kandungan Berberin’, *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Fatikhurokhmah, H. M. and Agustini, R. 2022, Concentration Effect of Brotowali Stem (*Tinospora crispa* (L.)) in Ethanol Extracts on the

A-Glukosidase Enzyme Inhibition, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **11(3)**: 242-249.

- Haque, E., Bari, M. S., Khandokar, L., Anjum, J., Jantan, I., Seidel, V. and Haque, M. A. 2023, An Updated and Comprehensive Review on the Ethnomedicinal Uses, Phytochemistry, Pharmacological Activity and Toxicological Profile of *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson, *Phytochemistry Reviews: Proceedings of The Phytochemical Society of Europe*, **22(1)**: 211-273.
- Hasan, H., Djuwarna, E., Hiola, F., Ramadhani, F. dan Halada, I. 2024, Penapisan Fitokimia dan Uji Efek Antidiabetes Ekstrak Metanol Daun Brotowali (*Tinospora crispa* L.) pada Mencit (*Mus musculus*), *Journal of Pharmacology and Natural Products (JPNP)*, **1**: 20–32.
- Hardianto, D. 2021, Telaah Komprehensif Diabetes Melitus: Klasifikasi, Gejala, Diagnosis, Pencegahan, Dan Pengobatan: A Comprehensive Review of Diabetes Mellitus: Classification, Symptoms, Diagnosis, Prevention, and Treatment, *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, **7(1)**: 304-317.
- Kadapi, M., Sunarso, C., Erizon, M., Maharani, N., Hakim, M. dan Zahra, I. 2024, Teknologi Kultur *in vitro* untuk Meningkatkan Produksi Metabolit Sekunder pada Berbagai Tanaman Obat, *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, **9(1)**: 18–29.
- Kuswati, R., Nurmita, dan Rijai, L. 2017, Uji *In Vivo* Aktivitas Ekstrak Etanol Batang Brotowali (*Tinospora crispa*) sebagai Penurun Kadar Glukosa Darah, *Proceeding of the 6th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*.
- Nanumala, S. K., Tulasi, P. and Sujitha, E. 2015, *In vitro* anti-diabetic activity of seed extracts of *Cassia auriculata* and *Cassia angustifolia*, *European Journal of Experimental Biology*, **5(5)**: 12-17.
- Mawaddah, M. P., Kamilla, L. dan Syari, J. 2019, Pengaruh Ekstrak Metanol Daun Brotowali dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah Metode *in vivo*, *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, **3(1)**:1.
- Maylina, A. 2019, Studi Katalitik Herbal Pemanfaatan Tanaman Brotowali (*Tinospora cordifolia*) sebagai Obat Penurun Kadar Glukosa Darah (Diabetes Mellitus), *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, **44(8)**: 1689–1699.
- Nie, Q., Li, M., Huang, C., Yuan, Y., Liang, Q., Ma, X., Qiu, T. and Li. 2024, The clinical efficacy and safety of berberine in the treatment

- of non-alcoholic fatty liver disease: a meta-analysis and systematic review, *Journal of Translational Medicine*, **22(1)**: 1–21.
- Nugroho, C. J., Ervina, M. dan Hartanti, L. 2023, 'Inisiasi Kalus Tanaman Brotowali (*Tinospora crispa*) dengan Hormon Golongan Auksin dan Identifikasi Berberin dari Ekstrak Kalus yang Dihasilkan', *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Park, S. 2021, *Plant Tissue Culture: Techniques and Experiment 4th Edition*, Elsevier, Amsterdam, Netherland.
- Pulivarthi, V., Josthna, P. and Naidu, C.V. 2020, *In vitro* Antidiabetic Activity by uptake glucose of yeast cell Assay and Antioxidant Potential of *Annona Reticulata* L. Leaf Extracts, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, **12(3)**: 208-213.
- Putri, A. B. S., Hajrah, H., Armita, D. dan Tambunan, I. R. 2021, Teknik kultur Jaringan untuk Perbanyakan dan Konservasi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *In vitro*, *Jurnal Mahasiswa Biologi*, **1(2)**: 69-76.
- Permatasari, D. 2023, 'Uji *In vitro* Uptake Glucose Ekstrak Kayu Bajakah Kalalawit (*Uncaria nervosa* Elmer) dan Tampala (*Spatholobus littoralis* Hassk)', *Skripsi*, Sarjana Farmasi, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- Rehman, G., Hamayun, M., Iqbal, A., Islam, S., Arshad, S., Zaman, K., Ahmad, A., Shehzad, A., Hussain, A. dan Lee, I. 2018, '*In vitro* antidiabetic effects and antioxidant potential of *Cassia nemophila* pods', *BioMed Research International*, 2018, article 1824790. doi: 10.1155/2018/1824790.
- Sinulingga, S., Subandrate. dan Safyudin. 2020, Uji Fitokimia dan Potensi Antidiabetes Fraksi Etanol Air Daun Benalu Kersen (*Dendrophloe petandra* (L) Miq), *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, **16(1)**: 76-83.
- Sukmawati, D., Herlina, M. dan Suswatika, I. N. 2018, Induksi Kalus dan Metabolit Sekunder Tanaman Brotowali (*Tinospora crispa* L.) Pada Medium MS dengan Penambahan ZPT 2,4-D dan Air Kelapa Secara *In vitro*, *Natural Science: Journal of Science and Technology*, **7(2)**: 268-273.
- Sulistiarini, R. 2021, Identification and Determination of Berberine from *Arcangelisi flava*, East Borneo, *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, **5(1)**: 381-386.

- Wahyuni, F. D., Novianti, T., Saraswati, H. dan Seprianto. 2020, Pengenalan Bioteknologi dan Metode Kultur Jaringan Sebagai Upaya Peningkatan Wawasan Siswa di SMA Yayasan Persiapan Generasi Baru, *Jurnal Abdimas*. **6(3)**: 204-208.
- Wang, L., Wei, G., Peng, L. and Ge, H. 2021, Efficacy and Safety of Berberine for Prediabetes: A Systematic Evaluation and Meta-Analysis, *International Journal of Clinical Medicine*, **12(1)**: 131-144.
- Wijaya, H. M., Pamudji, W. G. dan Herowati, R. 2019, Efek Ekstrak Batang Brotowali (*Tinospora crispa* L. Miers) Pada Model Uji Tikus Hiperlikemia Komorbid Hiperlipidemia, *Jurnal Farmasi & Sains Indonesia*, **2(2)**: 29-35.
- Wiratno, N. H. dan Sujianto. 2019, Pemanfaatan Brotowali (*Tinospora crispa* (L.) Hook.F & Thomson) Sebagai Pestisida Nabati, **18(1)**: 28-39.
- Wulandari, L., Nugraha, A. S. dan Azhari, N. P. 2020, Penentuan Aktivitas Antioksidan dan Antidiabetes Ekstrak Daun Kepundung (*Baccaurea racemosa* Muell.Arg.) secara *In vitro*, *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, **7(1)**: 60–66.
- Xie, W., Su, F., Wang, G., Peng, Z., Xu, Y., Zhang, Y., Xu, N., Hou, K., Hu, Z., Chen, Y. and Chen, R. 2022, Glucose-lowering effect of berberine on type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis, *Front Pharmacol*, **13(1)**: 1015045.
- Ablat, A., Mohamad, J., Awang, K., Shilpi, J. A., & Arya, A. 2014. Evaluation of Antidiabetic and Antioxidant Properties of *Brucea javanica* Seed, *The Scientific World Journal*, 2014, 1–8. doi: 10.1155/2014/786130
- Coddens, L., De Schepper, C. F., Brijs, K., & Courtin, C. M. 2025. Comparative evaluation of DNS, PAHBAH, and BCA colourimetric assays for quantifying reducing sugars. *Carbohydrate Research*, 109770.
- Deshavath, N. N., Mukherjee, G., Goud, V. V., Veeranki, V. D., & Sastri, C. V. 2020. Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 180–185, 2020.04.045.
- Du, R., Guo, W., Shen, Y., Dai, J., Zhang, H., Fu, M., & Wang, X. 2023. In situ assay of the reducing sugars in hydrophilic natural deep eutectic

- solvents by a modified DNS method. *Journal of Molecular Liquids*, 385, 122286.
- Mohamed Yunus, S. N., Abas, F., Jaafar, A. H., Azizan, A., Zolkeflee, N. K. Z., & Abd Ghafar, S. Z. 2021. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of eight neglected fruit extracts and UHPLC-MS/MS profile of the active extracts. *Food Science and Biotechnology*, 30, 195–208. doi: 10.1007/s10068-020-00856-x.
- Najari Beidokhti, M., Andersen, M. V., Eid, H. M., Sanchez Villavicencio, M. L., Staerk, D., Haddad, P. S., & Jäger, A. K. 2017. Investigation of antidiabetic potential of *Phyllanthus niruri* L. using assays for α -glucosidase, muscle glucose transport, liver glucose production, and adipogenesis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 869–874. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.09.080.
- Rainio, O., Teuho, J., & Klén, R. 2024. Evaluation metrics and statistical tests for machine learning 493(1). *Scientific Reports*, 14(1), 6086.
- Sujarweni, W. V., & Utami, L. R. 2019. The Master Book of SPSS. In *Anak Hebat Indonesia*.
- Šverko, Z., Vrankić, M., Vlahinić, S., & Rogelj, P. 2022. Complex Pearson correlation coefficient for EEG connectivity analysis. *Sensors*, 22(4), 1477.
- Teixeira, R. S. S., da Silva, A. S., Ferreira-Leitão, V. S., & Bon, E. P. da S. 2012. Amino acids interference on the quantification of reducing sugars by the 3,5-dinitrosalicylic acid assay mislead carbohydrase activity measurements. *Carbohydrate Research*, 363, 33–37. doi: 10.1016/j.carres.2012.09.024.
- Yu, T., Dai, Y., Wang, Z., Gao, Y., & Wu, Q. 2025. Ultrasound-induced modifications of *Auricularia auricula* polysaccharides: Implications for antioxidant and glucose-lowering activities. *Food Chemistry: X*, 25, 102209.