

Pelatihan TikZ dalam Pemodelan Directed Multigraph untuk Visualisasi Variasi Jalur Transisi Markov Chain

Alfi Maulani^{1*}, Andri Sofyan Husein²

¹FMIPA, Matematika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

²FST, Teknik Industri, Universitas Buddhi Dharma, Tangerang, Indonesia

Email: ¹dosen02330@unpam.ac.id, ²andrihusein08@gmail.com

*Email Corresponding Author: dosen02330@unpam.ac.id

Abstrak

Pemodelan *Markov Chain* dengan *directed multigraph* sering sulit divisualisasikan karena adanya *multiple edge* yang merepresentasikan variasi jalur transisi menuju keadaan yang sama. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kemampuan akademisi dalam memvisualisasikan *directed multigraph* menggunakan TikZ pada pemodelan *Markov Chain*. Kegiatan dilaksanakan melalui workshop dan pelatihan di Universitas Bima Internasional (UNBIM) MFH Mataram dengan melibatkan 2 dosen dan 28 mahasiswa. Materi mencakup penyusunan tabel transisi, identifikasi domain–kodomain, serta implementasi kode TikZ untuk menghasilkan visualisasi *graph*. Evaluasi dilakukan menggunakan penilaian produk melalui perbandingan hasil praktik sebelum dan sesudah pelatihan berdasarkan aspek ketepatan struktur *graph*, representasi *multiple edge*, dan kerapihan visualisasi. Hasil menunjukkan 93,3% peserta mampu menghasilkan visualisasi *directed multigraph* yang benar, sedangkan keterampilan penyusunan kode TikZ meningkat sebesar 81,6%. Pelatihan ini meningkatkan kompetensi peserta dalam menyusun visualisasi *Markov Chain* secara lebih akurat, sistematis, dan profesional sebagai media pembelajaran matematika dan statistika.

Kata Kunci: directed multigraph, TikZ, markov chain, visualisasi, multiple edge.

Abstract

Markov Chain modeling using directed multigraphs is often difficult to visualize because multiple edges represent different transition paths leading to the same state. This community service activity aimed to improve participants' ability to visualize directed multigraphs using TikZ for Markov Chain modeling. The program was conducted through a workshop and hands-on training at Bima International University (UNBIM) MFH Mataram, involving 2 lecturers and 28 students. The training covered transition table construction, domain–codomain identification, and TikZ coding techniques for graph visualization. Evaluation was carried out by comparing participants' practical outputs before and after the training based on graph structure accuracy, multiple-edge representation, and visualization quality. The results showed that 93.3% of participants successfully produced correct directed multigraph visualizations, while TikZ coding skills increased by 81.6%. The training effectively enhanced participants' competence in developing accurate, systematic, and professional Markov Chain visualizations to support mathematics and statistics education.

Keywords: directed multigraph, TikZ, markov chain, visualization, multiple edge.

1. PENDAHULUAN

Pemodelan *Markov Chain* banyak digunakan untuk merepresentasikan proses stokastik pada berbagai bidang, seperti analisis sistem, komputasi, kesehatan, dan ekonomi. Pada beberapa kasus, perpindahan dari suatu keadaan menuju keadaan yang sama dapat terjadi melalui lebih dari satu mekanisme transisi sehingga memerlukan representasi *directed multigraph* yang mengakomodasi *multiple edge*. Representasi tersebut memungkinkan setiap jalur transisi divisualisasikan secara terpisah sehingga interpretasi model menjadi lebih akurat (Hadi dan Fauzi 2026). Namun, visualisasi *directed multigraph* masih menjadi tantangan karena pengaturan kelengkungan sisi, posisi label probabilitas, dan keterbacaan diagram sering kali tidak dapat dilakukan secara optimal menggunakan perangkat lunak berbasis *graphical user interface*.

Mitra kegiatan adalah sivitas akademika Universitas Bima Internasional (UNBIM) MFH Mataram yang terdiri atas 30 peserta, meliputi 2 dosen dan 28 mahasiswa yang memanfaatkan matematika dasar maupun statistika dalam kegiatan pembelajaran dan penelitian. Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan mitra, sebagian besar peserta telah memahami konsep dasar *Markov Chain*, tetapi belum memiliki keterampilan dalam memvisualisasikan *directed multigraph* menggunakan perangkat lunak berbasis kode. Akibatnya, visualisasi yang dihasilkan masih menggunakan perangkat lunak umum dengan kualitas yang kurang konsisten, sulit dimodifikasi, dan belum memenuhi standar ilustrasi ilmiah untuk publikasi maupun bahan ajar.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa TikZ mampu menghasilkan ilustrasi grafis berbasis vektor dengan tingkat presisi tinggi, fleksibel, dan terintegrasi langsung dengan dokumen LaTeX sehingga banyak dimanfaatkan dalam publikasi ilmiah matematika dan ilmu komputer (Tantau, 2023). Selain itu, pelatihan penggunaan LaTeX dan TikZ dilaporkan mampu meningkatkan kemampuan peserta dalam menyusun dokumen ilmiah melalui visualisasi statistik secara lebih sistematis (Fitriani et al. 2024). Sistem pembelajaran di Universitas Pamulang juga menunjukkan bahwa visualisasi *graph* yang baik dapat meningkatkan pemahaman terhadap struktur *graph* kompleks dan model stokastik sehingga proses analisis menjadi lebih efektif (Maulani dan Waryanto 2023). Temuan-temuan tersebut menjadi dasar ilmiah bahwa penguasaan TikZ merupakan kompetensi yang penting bagi akademisi yang bekerja pada bidang matematika, statistika, maupun ilmu komputasi (Ananda et al. 2024).

Program pengabdian ini merupakan hilirisasi dari hasil penelitian mengenai visualisasi *graph* menggunakan TikZ yang kemudian diimplementasikan dalam bentuk pelatihan penyusunan *directed multigraph* pada pemodelan *Markov Chain* (Maulani 2026). Berbeda dengan pelatihan LaTeX yang umumnya berfokus pada penulisan dokumen ilmiah, kegiatan ini menitikberatkan pada penyusunan tabel transisi dari domain ke kodomain sebagai dasar pengkodean serta pengaturan *multiple edge* melalui parameter *bending* sehingga setiap jalur transisi dapat divisualisasikan secara jelas tanpa saling bertumpuk. Pendekatan tersebut menghasilkan visualisasi yang lebih akurat, mudah diperbarui, dan sesuai dengan kebutuhan publikasi ilmiah.

Berdasarkan kondisi tersebut, permasalahan yang dihadapi mitra adalah (1) keterbatasan kemampuan dalam memvisualisasikan *directed multigraph* pada pemodelan *Markov Chain*, (2) belum optimalnya pemanfaatan TikZ sebagai perangkat visualisasi berbasis kode, dan (3) belum tersedianya pelatihan yang mengintegrasikan konsep *Markov Chain* dengan implementasi TikZ secara sistematis. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam menyusun visualisasi *directed multigraph* menggunakan TikZ sehingga mampu menghasilkan representasi *Markov Chain* yang akurat, sistematis, mudah dimodifikasi, serta layak digunakan sebagai media pembelajaran dan pendukung publikasi ilmiah.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan secara daring selama satu bulan dengan mitra Program Studi D3 Statistika Terapan Universitas Bima Internasional (UNBIM) MFH Mataram. Kegiatan diikuti oleh 2 dosen dan 28 mahasiswa dari UNBIM MFH Mataram dan Universitas Pamulang. Pelaksanaan workshop memanfaatkan Google Meet sebagai media utama, sedangkan WhatsApp Group digunakan sebagai sarana pendampingan, konsultasi, dan monitoring selama kegiatan berlangsung.

Metode pelaksanaan terdiri atas tiga tahapan, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Pertama, tahap persiapan diawali tim pengabdian dengan melakukan koordinasi dengan mitra untuk mengidentifikasi kebutuhan peserta, menyusun jadwal kegiatan, menyiapkan modul pelatihan, serta menyiapkan contoh kasus pemodelan *Markov Chain* menggunakan *directed multigraph*. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi kemampuan awal peserta terkait penggunaan LaTeX dan TikZ sebagai dasar penyusunan materi pelatihan.

Kedua, tahap Pelaksanaan dilaksanakan dalam bentuk workshop, demonstrasi, praktik langsung (*hands-on training*), dan pendampingan. Materi meliputi pengenalan konsep *directed multigraph* pada pemodelan *Markov Chain*, penyusunan tabel transisi dari domain ke kodomain, pengenalan sintaks dasar TikZ, pembuatan simpul (*node*), pengaturan *multiple edge* menggunakan parameter *bend*, pemberian label probabilitas, hingga integrasi visualisasi ke dalam dokumen LaTeX/TikZ. Selama praktik, peserta memperoleh pendampingan melalui Google Meet dan WhatsApp Group sehingga setiap peserta dapat menyelesaikan latihan secara mandiri.

Ketiga, tahap evaluasi dilakukan secara deskriptif melalui penilaian produk (*performance assessment*) terhadap hasil praktik peserta sebelum dan sesudah pelatihan. Instrumen evaluasi menggunakan lembar penilaian yang terdiri atas empat indikator, yaitu (1) ketepatan penyusunan tabel transisi *Markov Chain*, (2) ketepatan visualisasi *directed multigraph*, (3) kemampuan merepresentasikan *multiple edge* tanpa terjadi tumpang tindih visual, dan (4) kemampuan menghasilkan kode TikZ yang dapat dikompilasi dengan benar. Setiap indikator dinilai menggunakan kategori belum mampu, cukup, baik, dan sangat baik. pengabdian.



Gambar 1. Diagram alur pengabdian kepada masyarakat

Keberhasilan kegiatan diukur berdasarkan persentase peserta yang mampu menyelesaikan seluruh tahapan praktik secara mandiri dan menghasilkan visualisasi *directed multigraph* yang sesuai dengan karakteristik *Markov Chain*. Selain peningkatan keterampilan teknis (*hard skill*), perubahan sikap peserta juga diamati melalui tingkat partisipasi selama diskusi, kemampuan menyelesaikan latihan secara mandiri, serta kesediaan memanfaatkan TikZ dalam penyusunan media pembelajaran maupun dokumen ilmiah setelah pelatihan selesai. Hasil evaluasi selanjutnya digunakan sebagai dasar penyempurnaan materi dan pendampingan lanjutan bagi mitra.

2. HASIL PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan melalui tiga tahapan, yaitu persiapan, pelaksanaan workshop, dan evaluasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Workshop dilaksanakan secara daring selama satu bulan melalui Google Meet yang dilanjutkan dengan pendampingan menggunakan WhatsApp Group. Seluruh rangkaian kegiatan diarahkan untuk meningkatkan kompetensi peserta dalam memvisualisasikan *directed multigraph* pada pemodelan *Markov Chain* menggunakan TikZ.

Tahap pelaksanaan diawali dengan penyampaian konsep dasar *directed multigraph* dan karakteristik *multiple edge* pada pemodelan *Markov Chain*. Selanjutnya peserta mempraktikkan penyusunan tabel transisi dari domain ke kodomain sebagai dasar penyusunan *graph* sebelum diimplementasikan menggunakan sintaks TikZ. Pendekatan tersebut memudahkan peserta dalam mengidentifikasi hubungan antar *state* sehingga visualisasi yang dihasilkan tetap konsisten dengan model stokastik yang dibangun. Dokumentasi pelaksanaan workshop dan praktik peserta ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Pendampingan dilakukan secara intensif selama proses praktik sehingga peserta memperoleh umpan balik terhadap kesalahan sintaks maupun kesalahan representasi *graph*. Permasalahan yang paling sering dijumpai adalah pengaturan parameter *bend* pada *multiple edge*, penempatan label probabilitas, dan konsistensi arah panah transisi. Melalui pendampingan tersebut, peserta mampu memperbaiki struktur visualisasi sehingga setiap jalur transisi dapat direpresentasikan secara jelas tanpa terjadi tumpang tindih antar *edge*.

Evaluasi kegiatan dilakukan menggunakan penilaian produk (*performance assessment*) terhadap hasil praktik peserta. Penilaian difokuskan pada empat indikator, yaitu pemahaman konsep *directed multigraph*, kemampuan menyusun tabel transisi *Markov Chain*, kemampuan menghasilkan visualisasi *directed multigraph* menggunakan TikZ, serta kemampuan menyusun kode TikZ yang dapat dikompilasi dengan benar. Rekapitulasi hasil evaluasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Ketercapaian Kompetensi Peserta

Indikator Ketercapaian	Sebelum Pelatihan	Sesudah Pelatihan
Memahami konsep <i>directed multigraph</i>	50,0%	96,7%
Menyusun tabel transisi <i>Markov Chain</i>	43,3%	90,0%
Menghasilkan visualisasi <i>directed multigraph</i> yang benar menggunakan TikZ	20,0%	93,3%
Menyusun kode TikZ yang dapat dikompilasi dengan benar	18,4%	81,6%

Berdasarkan Tabel 1, kegiatan pengabdian berhasil meningkatkan kompetensi peserta pada seluruh indikator yang dievaluasi. Sebanyak 93,3% peserta telah mampu menghasilkan visualisasi *directed multigraph* yang sesuai dengan karakteristik *Markov Chain*, sedangkan 81,6% peserta telah mampu menyusun kode TikZ yang dapat dikompilasi dengan benar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa workshop dan pendampingan yang diberikan tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga meningkatkan keterampilan teknis peserta dalam menyusun visualisasi matematika berbasis kode (*hard skill*). Perubahan tersebut terlihat dari kemampuan peserta dalam mengintegrasikan tabel transisi, pengaturan *multiple edge*, dan visualisasi *graph* ke dalam dokumen LaTeX/TikZ secara otomatis.

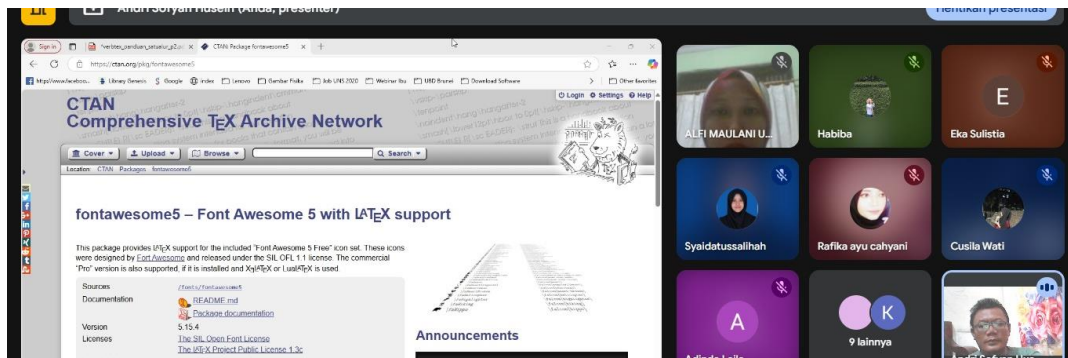
Selain peningkatan keterampilan teknis, kegiatan ini juga memberikan perubahan perilaku belajar peserta (Huan et al. 2022). Selama pendampingan, peserta menjadi lebih aktif berdiskusi, mampu mengidentifikasi kesalahan sintaks secara mandiri, serta mulai memanfaatkan TikZ sebagai alternatif perangkat visualisasi dibandingkan perangkat lunak berbasis *graphical user interface*. Perubahan tersebut menunjukkan meningkatnya kepercayaan diri peserta dalam menyusun ilustrasi ilmiah yang dapat direproduksi dan dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian maupun pembelajaran (Maulani et al. 2023).

Luaran utama kegiatan berupa peningkatan kemampuan peserta dalam menghasilkan visualisasi *directed multigraph* yang akurat, sistematis, dan terintegrasi dengan dokumen LaTeX/TikZ. Dibandingkan perangkat lunak berbasis GUI, TikZ memiliki keunggulan pada aspek reproduksibilitas, fleksibilitas modifikasi, konsistensi format, serta kemudahan memperbarui visualisasi ketika terjadi perubahan model *Markov Chain*. Keunggulan tersebut memberikan nilai tambah bagi peserta karena mempercepat penyusunan media pembelajaran, laporan penelitian, skripsi, maupun artikel ilmiah yang memerlukan visualisasi *graph* dengan tingkat presisi tinggi (Waskita et al 2022).

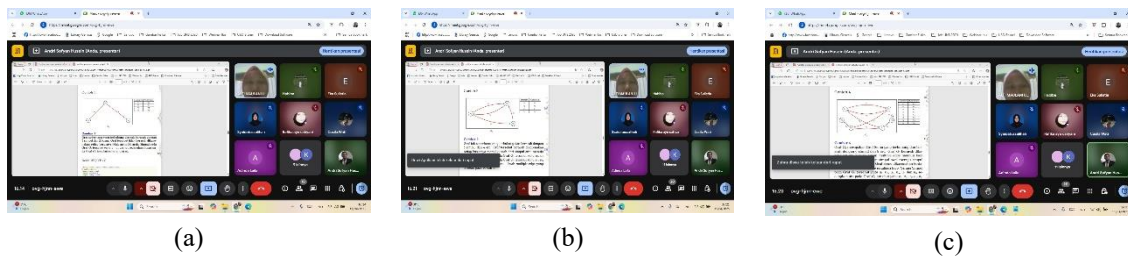
Meskipun demikian, pelaksanaan kegiatan masih menghadapi beberapa kendala. Sebagian peserta belum terbiasa menggunakan sintaks LaTeX/TikZ sehingga memerlukan waktu adaptasi yang lebih lama pada tahap awal pelatihan.

Selain itu, proses pendampingan secara daring menyebabkan penyelesaian permasalahan sintaks tertentu memerlukan komunikasi yang lebih intensif dibandingkan pelatihan luring (Utomo 2022). Kendala tersebut diatasi melalui konsultasi berkelanjutan menggunakan WhatsApp Group sehingga seluruh peserta tetap memperoleh pendampingan hingga mampu menyelesaikan latihan secara mandiri.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu meningkatkan kemampuan akademisi dalam memvisualisasikan *directed multigraph* menggunakan TikZ pada pemodelan *Markov Chain*. Dalam jangka pendek, peserta memperoleh peningkatan kompetensi dalam penyusunan visualisasi *graph* berbasis LaTeX. Dalam jangka panjang, kemampuan tersebut berpotensi meningkatkan kualitas media pembelajaran, dokumen akademik, serta publikasi ilmiah yang memanfaatkan visualisasi *graph* sebagai bagian dari penyajian dokumen akademik. Peluang pengembangan kegiatan selanjutnya adalah penerapan TikZ pada visualisasi *weighted graph*, *directed pseudograph*, serta *network analysis* yang memanfaatkan data empiris dari berbagai bidang aplikasi.



Gambar 1. Workshop LaTeX/TikZ Sesi Ketiga



Gambar 3. TikZ *Markov Chain* (a) *non multigraph* (b) *multigraph* tanpa *loop* (c) *multigraph* dengan *loop*

3. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu meningkatkan kompetensi peserta dalam memvisualisasikan *directed multigraph* pada pemodelan *Markov Chain* menggunakan TikZ. Keberhasilan tersebut ditunjukkan oleh 93,3% peserta yang mampu menghasilkan visualisasi *directed multigraph* sesuai dengan karakteristik *Markov Chain* serta 81,6% peserta yang berhasil menyusun kode TikZ yang dapat dikompilasi dengan benar. Selain meningkatkan keterampilan teknis dalam penyusunan visualisasi berbasis LaTeX, kegiatan ini juga mendorong perubahan perilaku belajar peserta menjadi lebih mandiri, aktif berdiskusi, dan lebih percaya diri dalam memanfaatkan perangkat berbasis kode untuk penyusunan media pembelajaran maupun dokumen ilmiah. Hambatan utama yang ditemui selama pelaksanaan adalah masih terbatasnya pengalaman sebagian peserta dalam menggunakan sintaks LaTeX sehingga proses adaptasi terhadap TikZ memerlukan waktu

pendampingan yang lebih intensif. Pelaksanaan secara daring juga menyebabkan penyelesaian permasalahan sintaks tertentu membutuhkan konsultasi lanjutan di luar sesi workshop. Oleh karena itu, kegiatan serupa disarankan untuk dilaksanakan secara berkelanjutan melalui pelatihan bertingkat, pendampingan lanjutan, serta pengembangan materi visualisasi *graph* yang lebih kompleks, seperti *weighted graph*, *directed pseudograph*, dan *network analysis*, sehingga kompetensi peserta dapat terus berkembang dan memberikan dampak yang lebih luas bagi pembelajaran, penelitian, dan publikasi ilmiah.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Psi Square atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, khususnya dalam penyediaan dukungan teknis dan pendampingan pada pelaksanaan workshop pemanfaatan LaTeX/TikZ. Apresiasi juga disampaikan kepada mitra kegiatan yang telah berpartisipasi aktif sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat terlaksana dengan baik dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

5. REFERENSI

- Ananda, R., Gushelmi, & Maidawati. (2024). Pelatihan Penyusunan Artikel Ilmiah Bereputasi dengan LaTeX bagi Mahasiswa Indonesia di Malaysia. *International Journal of Community Service in Learning (IJCOSIN)*, 4(2), 76-86. <https://doi.org/10.20895/ijcosin.v4i1.1485>
- Fitriani, F., Faisol, A., Nuryaman, A., Kurniasari, D., & Utami, B. H. S. (2024). Pelatihan LaTeX Menggunakan Overleaf untuk Meningkatkan Kemampuan Penulisan Karya Ilmiah bagi Dosen di Pringsewu. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) Tabikpun*, 5(3), 251–258. <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v5i3.184>
- Hadi, S., & Fauzi, A. (2026). Dari Visualisasi Ke Validasi: Pengembangan Model Proses Pembuktian Tanpa Kata dan Strategi Pembuktian Visual Mahasiswa Tentang Teorema Pythagoras. *JURNAL MathEdu (Mathematic Education Journal)*, 9(2), 126-137. <https://doi.org/https://doi.org/10.37081/mathedu.v9i2.8270>
- Huan, C., Meng, C. C., & Suseelan, M. (2022). Mathematics learning from concrete to abstract (1968-2021): A bibliometric analysis. *Participatory Educational Research*, 9(4), 445-468. <https://doi.org/10.17275/per.22.99.9.4>
- Maulani, A. (2026). Visualisasi Graf Berarah Berbantuan LaTeX sebagai Media Pemodelan Rantai Markov. *Jurnal e-DuMath*, 12(1), 140-146. <https://doi.org/10.26638>
- Maulani, A., dan Waryanto, H. (2023). Pengenalan TikZ dari Graf ($Br_3 \odot P_4$). *Jurnal e-DuMath*, 9(2), 84-91. <https://doi.org/10.52657/je.v9i2.2095>
- Maulani, A., Rosini, N. I., Waryanto, H., dan Husein, A. S. (2023). Game Edukasi Matematika Diskrit. *Jurnal e-DuMath*, 9(2), 125-130. <https://doi.org/10.52657/je.v9i2.2100>
- Tantau, T. (2023). *The TikZ and PGF Packages: Manual for Version 3.1.10*. Germany: University of Lübeck.
- Utomo, E. S. (2022). Analysis of the Mathematical Visualization Process of Female Students in Solving Contextual Problems based on Cognitive Style. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 31–47. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.10850>
- Waskita, D., Sulistyaningtyas, T., Suryani, Y., & Hermawan, F.F. (2022). Workshop Penulisan Artikel Ilmiah sebagai Program Pengabdian kepada Masyarakat. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(5), 1359-1367. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v6i5.11495>