

## INDUKSI POLIPLIIDI PADA TANAMAN BAWANG PUTIH (*Allium sativum* L.)

A Sukarso, I Gde Mertha, Syamsul Bahri, Ahmad Raksun,  
I Wayan Merta

*Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP Universitas Mataram  
Mataram, Indonesia*

*Jalan Majapahit Nomor 62 Mataram*

Korespondensi: [asukarso@unram.ac.id](mailto:asukarso@unram.ac.id)

*Artikel history :*      Received      : 25 Oktober 2022      DOI :  
                                 Revised      : 2 Februari 2023      <https://doi.org/10.29303/pepadu.v4i2.2506>  
                                 Published     : 29 April 2023

### ABSTRAK

Kromosom poliploid merupakan sumber belajar yang baik untuk menjelaskan mutasi kromosom pada materi genetika. Sel yang mempunyai lebih dari dua set kromosom dinamakan poliploid. Individu dengan sel poliploid dapat terjadi secara alami atau dibuat oleh manusia karena perlakuan zat kimia. Pengabdian ini diikuti oleh guru-guru mitra yang tergabung dalam MGMP Biologi Kabupaten Lombok Barat dan telah dilaksanakan di SMAN 1 Narmada. Tujuan kegiatan pengabdian adalah memberikan pengetahuan dan keterampilan pada guru-guru mitra tentang teknik induksi poliploidi sel-sel ujung akar bawang putih, preparasi preparat squash ujung akar untuk penghitungan jumlah kromosom dibawah mikroskop, dan penyusunan karyotipe. Metode untuk pencapaian tujuan pelatihan ini adalah praktik, ceramah, diskusi, dan tanya jawab. Aktivitas praktikum yang dilakukan guru mitra dengan pendampingan dari tim pengabdian adalah (1) Teknik perlakuan pelipatgandaan set kromosom dasar sel-sel ujung akar bawang putih (*Allium sativum* L.) dengan kolkisin, (2) Pembuatan preparat squash sel-sel mutan ujung akar bawang putih, dan (3) Pembuatan karyotipe dan penentuan ploidi sel-sel mutan berdasarkan hasil foto dibawah mikroskop yang telah disusun dalam karyogram. Hasil pelatihan menunjukkan (1) Guru mitra mendapat pembelajaran yang bermakna tentang teknik induksi poliploidi, teknik pembuatan preparat squash sel-sel poliploid ujung akar, dan teknik penyusunan karyotipe untuk membandingkan set kromosom diploid dan poliploid, (2) Berkat kerja tekun dan antusias yang tinggi, guru-guru mitra dapat menghasilkan produk preparat squash sel-sel ujung akar yang baik untuk pengamatan kromosom poliploid, dan (3) Pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh guru mitra dapat menjadi bekal berharga untuk membuat preparat perubahan jumlah kromosom akibat mutasi pada kegiatan praktikum siswa di sekolah dalam menunjang materi genetika.

**Kata kunci:** poliploidi, induksi, kromosom, preparat squash

### PENDAHULUAN

Pembelajaran kontekstual merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang dianjurkan dalam penerapan kurikulum tingkat satuan pendidikan. Pendekatan Kontekstual

Teaching dan Learning memfokuskan pada hubungan yang saling terkait antara fenomena di kehidupan nyata yang bisa dilihat dan dialami oleh peserta didik dengan materi yang dipelajari (Fitriani, 2017). Artinya, peserta didik seolah bisa melihat dan menganalisis materi yang sedang dibahas secara langsung pada saat kegiatan pembelajaran.

Praktikum merupakan salah satu cara penerapan pembelajaran kontekstual (Rosyid et al., 2019; Hasibuhan, 2014). Melalui pelaksanaan praktikum memberikan kesempatan kepada siswa untuk memperoleh pengalaman nyata (real word learning) dan mengalami sendiri (learning to do). Pembelajaran berbasis praktikum menciptakan pembelajaran yang memotivasi siswa belajar tidak membosankan, mengasikkan, dan menyenangkan pembelajaran berpusat pada siswa, memecahkan masalah, berfikir kritis, siswa aktif dan kreatif. Membelajarkan siswa dengan pemberian pengalaman langsung melalui praktikum menciptakan kondisi proses pencapaian dan konstruksi konsep keilmuan. Dengan melakukan praktikum, siswa akan bekerja dan mengalami secara alamiah materi yang dipelajari pada saat pembelajaran berlangsung.

Walaupun praktikum laboratorium merupakan salah satu pembelajaran inovatif kontekstual yang baik untuk tercapainya proses keilmuan IPA, namun pelaksanaan praktikum masih banyak mengalami hambatan di sekolah. Hasil penelitian Yennita (2013), teridentifikasi bahwa berbagai hal yang menyebabkan guru merasa enggan melaksanakan praktikum antara lain: (1) intensitas guru dalam mengikuti pelatihan laboratorium masih rendah, (2) pemahaman guru terhadap konsep serta penggunaan alat-alat praktikum masih rendah, dan (3) guru sulit merancang LKS sendiri. Lebih lanjut Rahmawati (2018) menemukan bahwa kesulitan guru IPA dalam melaksanakan praktikum meliputi persiapan praktikum dalam penyusunan LKPD dan persiapan pelaksanaan praktikum. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengetahuan guru IPA untuk melaksanakan pembelajaran kontekstual dengan praktikum masih kurang.

Mutasi kromosom merupakan salah satu konsep genetika yang cukup rumit dan kompleks membuat guru banyak mengalami kendala untuk membelajarkan materi ini kepada siswa. Hasil wawancara dengan guru biologi SMA Negeri di Kabupaten Lombok Barat menunjukkan bahwa mutasi akibat perubahan jumlah kromosom sulit untuk dijelaskan kepada siswa. Banyak pertanyaan yang diungkapkan siswa tentang mekanisme perubahan jumlah kromosom dan susunan kromosom yang mengalami mutasi (mutan), namun secara teoritis guru mengalami kesulitan untuk menjelaskan proses tersebut secara lengkap dan utuh, sehingga dengan tuntutan pembelajaran kontekstual, pembentukan kromosom poliploid dan pengaturan kromosom dalam karyotipe yang menggambarkan perubahan jumlah kromosom dan susunan pasangan kromosom yang mengalami mutasi berdasarkan analisis karyogram sangat dibutuhkan melalui kegiatan praktikum.

Karyotipe mutasi euploid yang menggambarkan perubahan jumlah kromosom dan jumlah set kromosom dasar dapat dilakukan melalui praktikum induksi poliploidi. Sel-sel poliploid diperoleh lewat penggandaan kromosom secara perlakuan, misalnya dengan kolkisin (Suryo, 1995; Jahier et al., 1996; Darlington dan La Cour, 1976).

Dalam kegiatan praktikum pembuatan sel-sel poliploidi dan pembuatan karyotipe diperlukan pengetahuan induksi kromosom dan teknik preparasinya. Hasil penelitian Astuti (2003) menunjukkan bahwa pemilihan konsentrasi kolkisin sangat menentukan tingkat ploidi sel yang diinduksi (dilipatgandakan) kromosomnya. Sedangkan untuk penyusunan karyotipe, Mertha et al. (2021) menekankan perlu menyiapkan kromosom tahap metafase yang menunjukkan bentuk morfologi yang jelas dan tersebar dengan baik (tidak tumpang tindih). Semua kegiatan itu menuntut keterampilan laboratorium.

Berdasarkan uraian di atas, maka untuk meningkatkan pencapaian kompetensi siswa dalam pembelajaran mutasi kromosom berbasis praktikum, guru sebagai pengembang tugas pembimbing praktikum perlu dibekali keterampilan laboratorium teknik induksi poliploidi dan pembuktian hasilnya melalui penyusunan karyotipe. Pembuatan preparat kromosom poliploid dan penyusunan karyotipe tidak membutuhkan biaya yang mahal dan layak dilakukan di sekolah. Namun kendala yang dihadapi guru-guru mitra adalah mereka belum memahami teknik penggandaan kromosom, preparasi slide kromosom, dan penyusunan kromosom membentuk karyogram. Oleh sebab itu tujuan yang diharapkan dari kegiatan pengabdian ini adalah melakukan pendampingan induksi poliploidi, pembuatan preparat squash hasil induksi untuk pengamatan kromosom poliploid dibawah mikroskop, dan penyusunan karyotipe. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari kegiatan pengabdian ini adalah peningkatan keterampilan dan keahlian guru-guru biologi di Kabupaten Lombok Barat dalam mikroteknik pembuatan preparat kromosom poliploid dan karyotipe sebagai sumber belajar genetika di sekolah.

### METODE KEGIATAN

Pengabdian ini telah dilaksanakan di SMAN 1 Narmada. Peserta pelatihan adalah guru-guru mitra yang tergabung dalam MGMP Biologi Kabupaten Lombok Barat. Pelatihan berlangsung selama dua hari, yaitu 27-28 September 2022.

Metode yang digunakan pada kegiatan pelatihan ini adalah praktik, ceramah, diskusi dan tanya jawab. Penyampaian materi dilakukan dengan cara ceramah. Semua peserta pelatihan mengikuti pemaparan materi yang disampaikan secara klasikal. Hasil kerja praktik didiskusikan dan dilakukan tanya jawab.

Kegiatan praktik dilakukan secara berkelompok. Setiap kelompok terdiri atas 3-4 peserta. Tim pengabdian memberikan bimbingan melalui pendampingan saat praktek guru-guru mitra.

Praktik mencakup tiga kegiatan, yaitu induksi kromosom ujung akar bawang putih (*Allium sativum* L.) dengan kolkisin, pembuatan preparat *squash* kromosom ujung akar, dan penyusunan pasangan kromosom dalam karyotipe. Kegiatan hari pertama pelatihan dilakukan induksi poliploidi dengan cara merendam ujung akar bawang putih dalam berbagai konsentrasi larutan kolkisin. Pada hari kedua, dilakukan praktik pembuatan preparat *squash* ujung akar yang mengikuti teknik Mertha (2001). Masing-masing kelompok melakukan pengamatan preparat kromosom dibawah mikroskop. Dengan bimbingan tim pengabdian, peserta dituntun untuk menemukan kromosom yang telah berlipat jumlahnya. Kromosom yang menunjukkan morfologi yang jelas dan tidak tumpang tindih, dilakukan visualisasi melalui pemotretan. Visualisasi kromosom yang diperoleh dicetak, dilakukan pemotongan sesuai bentuknya, dan selanjutnya diurutkan berdasarkan bentuk dan ukuran dari pasangan terbesar sampai terkecil sebagai karyotipe. Peserta pelatihan ditugaskan untuk menentukan tingkat ploidi berdasarkan jumlah pasangan-pasangan kromosom dalam karyotipe.

Untuk mengetahui capaian tujuan pelatihan, dilakukan evaluasi. Pada pengabdian ini, program dianggap tercapai apabila minimal 85% guru mitra dapat menghasilkan preparat kromosom poliploid dan mampu menyusun karyotype.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan ini memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga kepada guru-guru mitra dalam pembuatan preparat untuk pembelajaran mutasi kromosom. Dalam kegiatan penugasan praktik, semua kelompok sangat tekun melakukan induksi poliploidi, pembuatan preparat *squash* sel-sel poliploid ujung akar, penyusunan karyotipe, dan penentuan tingkat ploidi. Dengan tanggung jawab yang tinggi, semua anggota kelompok berusaha menyelesaikan tugas-tugas tersebut semaksimal mungkin. Apabila mengalami kesulitan,

mereka banyak bertanya dan apabila telah selesai mengerjakan tugas, mereka meminta verifikasi dari tim pengabdian.



Gambar 1. Guru-guru mitra yang tergabung dalam MGMP Biologi Kabupaten Lombok Barat sedang memperhatikan pemaparan materi poliploidi dan karyotipe yang disampaikan oleh tim pengabdian.

### Induksi Poliploidi

Induksi poliploidi dilakukan terhadap sel-sel ujung akar bawang putih (*Allium sativum* L.) dengan perlakuan kolkisin. Dengan mengacu pada petunjuk praktikum pelatihan, guru-guru mitra merendam akar bawang putih dalam larutan kolkisin konsentrasi 0,05%, 0,07%, 0,09%, dan 0,1%. Sebagai perlakuan kontrol perendaman akar dilakukan dalam air (konsentrasi kolkisin 0%). Perendaman dilakukan selama dua hari. Setelah dilakukan perendaman dalam larutan kolkisin dan air, akar dikeluarkan dari kedua media larutan tersebut. Selanjutnya semua sampel disemaikan pada media air selama satu hari.

Akibat perendaman dalam larutan kolkisin terjadi perubahan ukuran morfologi akar. Pertanyaan yang dilontarkan guru mitra kepada tim pengabdian adalah “Mengapa akar yang diperlakukan dengan larutan kolkisin menjadi berukuran lebih besar dibanding yang direndam dalam air?” Jawaban yang diberikan tim pengabdian adalah “Kolkisin melipatgandakan jumlah kromosom yang diikuti peningkatan ukuran sel”. Akar dengan sel-sel poliploid berukuran lebih besar dibanding yang diploid”. Suryo (1995) menyatakan bahwa tanaman poliploid mempunyai jumlah kromosom lebih banyak dari tanaman diploidnya sehingga tanaman biasanya kelihatan lebih kekar, bagian-bagian tanaman menjadi lebih besar. Sel-selnya tampak lebih besar. Pertanyaan lain yang diajukan peserta adalah “Mengapa konsentrasi kolkisin yang digunakan dalam pelatihan ini 0,05%, 0,07%, 0,09%, dan 0,1%? Jawaban yang diberikan tim pengabdian adalah “Karena konsentrasi efektif kolkisin berkisar antara 0,01-1,00%. Konsentrasi yang terlalu tinggi menyebabkan kromosom mengkerut bahkan menggumpal karena reaksi kolkisin dengan protein dan asam nukleat”.

### Pembuatan Preparat *Squash* Ujung Akar dan Penghitungan Jumlah Kromosom

Praktik pembuatan preparat *squash* ujung akar memberi bekal keterampilan berharga bagi guru-guru mitra tentang teknik sitologi pembuatan perangkat untuk pengamatan materi genetik kromosom. Dengan kerja tekun, semua kelompok melakukan pengambilan cuplikan ujung akar, selanjutnya ujung akar diberikan pre-treatment dengan kolkisin, difiksasi dengan larutan farmer, dihidrolisis dengan HCL 1N, diwarnai (*staining*) dengan *carbolic fuchsin*, dan dipencet (*squashing*) dengan ibu jari. Berkat bimbingan dan pendampingan yang intensif oleh

tim pengabdian dan kerja keras peserta, secara umum kelompok dapat menyelesaikan langkah-langkah pembuatan preparat kromosom dengan lancar dan benar sehingga kromosom tidak tumpang tindih (tersebar). Posisi sentromer juga terlihat dengan jelas, sehingga bentuk kromosom dapat ditentukan.

Kendala yang dihadapi pada saat pembuatan preparat *squash* dapat diatasi peserta pelatihan. Kesulitan yang dihadapi guru mitra adalah pada proses penyebaran sel-sel ujung akar dan *squashing*. Pada saat penghancuran cuplikan akar dengan ujung gagang kuas atau karet penghapus pensil, sel-sel tidak tersebar dengan baik atau sel terlipat, sehingga apabila dilakukan *squash* menghasilkan tampilan kromosom yang menggumpal. Kesalahan pada saat *squashing* seringkali disebabkan karena gelas penutup bergeser yang menyebabkan sel-sel terlipat dan saling tumpang tindih sehingga tidak dapat menampilkan kromosom dengan baik. Berkat kerja keras dan latihan yang intensif serta pendampingan dari tim pengabdian, peserta dapat menyebarkan sel-sel ujung akar dan melakukan *squashing* dengan benar dengan cara mempertahankan posisi gelas penutup pada saat penyebaran sel-sel ujung akar dan saat *squashing*.

Peserta pelatihan merespon positif tugas yang diberikan oleh tim pengabdian dalam penentuan jumlah kromosom. Pengamatan preparat dilakukan setiap anggota kelompok dibawah mikroskop cahaya dimulai dari perbesaran lemah sampai kuat. Masing-masing kelompok melakukan penghitungan jumlah kromosom sel ujung akar pada perlakuan kolkisin 0,05%, 0,08%, 0,09%, dan 0,1%. Untuk perlakuan kolkisin 0% (air) dilakukan penghitungan jumlah kromosom oleh semua kelompok. Untuk membantu penghitungan jumlah kromosom digunakan *handcounter*.

Hasil penghitungan jumlah kromosom pada masing-masing kelompok menunjukkan bahwa semakin tinggi larutan kolkisin maka jumlah kromosom atau tingkat ploiditas tanaman bawang putih menjadi semakin kecil. Semua kelompok mendapatkan hasil bahwa pada perlakuan tanpa kolkisin jumlah kromosom adalah 16 dengan tingkat ploiditas diploid ( $2n=2x=16$ ). Kelompok satu melaporkan bahwa pada perlakuan kolkisin 0,05% jumlah kromosom adalah 64 dan 128 dengan tingkat ploiditas oktaploid ( $2n=8x=64$ ) dan 16-ploid ( $2n=16x=128$ ). Pada perlakuan ini jumlah oktaploid mencapai 80%. Kelompok dua menemukan bahwa jumlah kromosom pada perlakuan kolkisin 0,07% adalah 64 dan 32, dengan tingkat ploidi oktaploid dan tetraploid ( $2n=4x=32$ ). Jumlah tetraploid lebih banyak (60%) dibanding oktaploid (40%). Pada konsentrasi 0,09%, kelompok tiga mendapatkan hasil bahwa jumlah kromosom sel bawang putih adalah semuanya (100%) berjumlah 32. Pada konsentrasi kolkisin 0,1%, kelompok empat melaporkan bahwa 60% sel memiliki jumlah kromosom 32 ( $2n=4x=32$ ) dan 40% sel-sel yang lain dengan jumlah kromosom 16 ( $2n=2x=16$ ). Penggandaan jumlah kromosom dengan perlakuan kolkisin yang dihasilkan peserta dalam pelatihan ini mendukung hasil penelitian Astuti (2003). Berdasarkan laporan yang disampaikan masing-masing kelompok menunjukkan bahwa peserta pelatihan telah berhasil melakukan induksi poliploid dan penghitungan jumlah kromosom dengan teknik yang benar.

Visualisasi kromosom hasil pelatihan ini dilakukan pada perbesaran kuat (1000x). Teknik pengambilan gambar kromosom dibawah mikroskop mengikuti petunjuk Mertha *et al.* (2020) dan Mertha *et al.* (2021). Visualisasi kromosom yang menunjukkan penyebaran secara baik (tidak atau sedikit tumpang tindih) dicetak untuk dipersiapkan dalam penyusunan karyogram.

### **Pembuatan Karyotipe**

Penyusunan karyotipe dalam bentuk karyogram bertujuan untuk mengetahui jumlah penggandaan pasangan-pasangan kromosom yang membentuk poliploid. Tugas penyusunan

karyotipe yang diberikan tim pengabdian kepada peserta mendapat respon positif. Dengan bimbingan tim pengabdian dan petunjuk praktikum pelatihan, setiap kelompok menyusun karyogram sesuai tingkat ploidi kromosom masing-masing. Petunjuk penyusunan karyogram pada pelatihan ini mengikuti Mertha (2001). Visualisasi kromosom hasil pemetretat digunakan untuk penyusunan karyogram. Guru mitra menggantung kromosom sesuai bentuknya. Kromosom yang telah digantung ditentukan pasangan homolognya. Selanjutnya pasangan-pasangan kromosom diurutkan dari ukuran terbesar sampai terkecil. Berdasarkan hasil pendampingan dan monitoring, peserta pelatihan telah menyelesaikan penyusunan karyotipe dengan baik dan benar. Berkat ketekunan dan motivasi yang tinggi, secara umum semua peserta telah sukses melaksanakan pelatihan materi ini dengan hasil sangat baik.

Guru mitra dapat membandingkan set kromosom bawang putih diploid dan poliploid. Berdasarkan karyogram yang telah disusun, peserta pelatihan dapat membedakan jumlah pasangan kromosom homolog diploid bawang putih dengan 16 kromosom ( $2n=2x=16$ ) dan poliploid dengan jumlah kromosom 32 ( $2n=4x=32$ ), 64 ( $2n=8x=64$ ), dan 128 ( $2n=16x=128$ ). Kromosom diploid ( $2n$ ) memiliki dua set kromosom, masing-masing nomor kromosom dalam karyogram berjumlah dua pasangan homolog. Kromosom tetraploid ( $4n$ ) memiliki empat set kromosom, setiap nomor kromosom dengan empat pasangan kromosom homolog. Kromosom dengan 8-ploidi ( $8n$ ) memiliki pasangan kromosom homolog pada setiap nomor kromosom sebanyak delapan pasang. Pada 16-ploidi, setiap nomor kromosom tersusun oleh 16 pasangan kromosom homolog. Kromosom homolog adalah kromosom yang sama bentuk dan ukurannya dan berpasangan, kecuali pada haploid merupakan kromosom tunggal pada setiap nomor kromosom dalam karyogram. Penggandaan jumlah kromosom homolog  $2n$  menjadi  $4n$ ,  $8n$ ,  $16n$  dan seterusnya merupakan contoh mutasi kromosom.

Berdasarkan hasil praktik mikroteknik kromosom yang telah dilakukan guru-guru mitra diatas, maka kegiatan pengabdian ini telah mencapai sasaran. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan guru mitra yang telah berhasil melakukan induksi poliploidi, pembuatan preparat *squash* untuk penghitungan jumlah kromosom poliploid, visualisasi morfologi kromosom dibawah mikroskop, dan penyusunan karyotipe kromosom diploid dan poliploid dalam bentuk karyogram. Hasil evaluasi yang dilakukan tim pengabdian menunjukkan bahwa lebih dari 85% peserta telah mencapai sasaran sesuai target dalam tujuan pelatihan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi secara menyeluruh melalui monitoring dan pendampingan selama pelatihan, dapat disimpulkan: (1) Guru mitra mendapat pembelajaran yang bermakna tentang teknik induksi poliploidi, teknik pembuatan preparat *squash* sel-sel poliploid ujung akar, dan teknik penyusunan karyotipe untuk membandingkan set kromosom diploid dan poliploid, (2) Berkat kerja tekun dan antusias yang tinggi, guru-guru mitra dapat menghasilkan produk preparat *squash* sel-sel ujung akar yang baik untuk pengamatan kromosom poliploid, dan (3) Pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh guru mitra dapat menjadi bekal berharga untuk membuat preparat perubahan jumlah kromosom akibat mutasi pada kegiatan praktikum siswa di sekolah dalam menunjang materi genetika.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Universitas Mataram diucapkan terimakasih atas dukungan finansial dan moral terhadap terlaksananya kegiatan pengabdian ini. Atas kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan pengabdian ini, terimakasih juga diucapkan kepada bapak Hulwani, S.Pd., M.M., selaku Kepala Sekolah SMAN 1 Narmada.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Astuti, W. 2003. Pengaruh Pemberian Kolkisin Terhadap Jumlah Kromosom dan Diameter Nukleus Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum* L.). Program Studi Pendidikan Biologi. Jurusan Pendidikan MIPA. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Mataram.
- Darlington, C.D. dan L.F. La Cour. 1976. *The Handling of Chromosomes*. George Allen & Unwin Ltd. London.
- Fitriani, N. L. 2017. Efektivitas Pembelajaran Contextual Teaching and Learning (CtI) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Peserta Didik pada Materi Sistem Persamaan Linier Dua Variabel (Spldv) Kelas VII MTsN Brangsong Tahun Pelajaran 2016/2017. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Hasibuhan, M.I. 2014. Model Pembelajaran CTL (Contextual Teaching and Learning). *Logaritma: Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan Dan Sains* 2(1): 1-12.
- Jahier, J., A.M. Chevre, F. Eber, R. Delourne, dan A.M. Tanguy. 1996. *Techniques of Plant Cytogenetics*. Science Publishers, Inc., Lebanon.
- Mertha, I.G. 2001. Karyotipe *Murraya exotica* L. dan *Murraya paniculata* (L.) Jack. di Jawa Sebagai Bukti Taksonomi. Tesis S-2 Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mertha. I.G., A. Raksun, Syachruddin AR, dan S. Bahri. 2020. Pelatihan Pembuatan Preparat Kromosom Politen *Drosophila Melanogaster* Pada Guru-Guru Biologi Di Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA* 3 (2): 181-188.
- Mertha, I.G., Agil Al Idrus, A. Raksun, I.W. Merta, dan S. Bahri. 2021. Pelatihan Preparasi Kromosom Dan Analisis Karyotipe Pada Dosen-Dosen Biologi Di Universitas Nahdlatul Wathan Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA* 4(4):376-382.
- Rahmawati, A. 2018. Kesulitan Guru IPA Dalam Pelaksanaan Praktikum IPA di SMP Muhammadiyah 1 Surakarta Tahun Ajaran 2018/2019. Program Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rosyid, M. Z., Rofiqi, dan S. Yumnah. *Outdoor Learning – Belajar di Luar Kelas*. Literasi Nusantara. Malang. Jawa Timur.
- Suryo, 1995. *Genetika*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Yennita, M. Sukmawati, dan Zulirfan. 2013. Hambatan Pelaksanaan Praktikum IPA Fisika Yang Dihadapi Guru SMP Negeri Di Kota Pekanbaru. *Laboratorium Pendidikan Fisika*. Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau, Pekanbaru.