

## Pengayaan Biodiversitas Bakteri Penangkap Cahaya Dalam Miniatur Winogradsky Yang Potensial Untuk Pengembangan Zat Warna Alamiah

Rahmat Eko Sanjaya, Ni Nyoman Tri Puspaningsih\*, Afaf Baktir, Ali Rohman, Purkan, Alfinda Novi Kristanti, A Budi Prasetyo, Muji Harsini, Sofijan Hadi, Fatilha Khairunnisa, Sri Sumarsih

Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Indonesia

Email : \*ni-nyoman-t-p@fst.unair.ac.id

### ABSTRAK

Pewarna alami merupakan alternatif pewarna yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Pewarna alami dapat berasal dari mikroorganisme. Kolom Winogradsky merupakan kultur pengayaan untuk mendapatkan bakteri fotosintetik yang dapat dijadikan sumber pewarna alami. Pengetahuan tentang kolom Winogradsky dapat menjadi tahap awal untuk pengembangan zat warna alami yang berbasis pada mikroorganisme. Kegiatan pengabdian masyarakat berkaitan dengan kolom Winogradsky, melibatkan guru kimia dan biologi se Kabupaten Malang sebagai mitra. Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara luring di SMAN 1 Lawang dan secara daring menggunakan Zoom Meeting. Pelaksanaan secara daring juga diikuti oleh guru-guru SMA dari luar Jawa. Tahapan pertama kegiatan yaitu penyampaian materi tentang bakteri fotosintetik, kolom Winogradsky, dan zat warna. Tahapan kedua adalah praktik pembuatan kolom Winogradsky yang diikuti dengan focus group discussion. Hasil angket menunjukkan respon positif terhadap kegiatan yang dilakukan. Mayoritas peserta memberikan penilaian "Baik" dan "Sangat Baik". Peserta menginginkan adanya tindak lanjut berupa pelaksanaan kembali kegiatan ini secara bergilir pada sekolah-sekolah yang berbeda.

**Kata kunci:** Pewarna kimia, kolom Winogradsky, bakteri fotosintetik, dapat diperbaharui

### ABSTRACT

*Natural dyes are an alternative renewable and environmentally friendly dyes. Natural dyes can be isolated from microorganisms. Winogradsky column is an enrichment culture that is suitable for obtaining various photosynthetic bacteria as sources of natural dyes. Knowledge of the Winogradsky column can be the initial stage for development of natural dyes based on microorganisms. Community service activity related to the Winogradsky column, involving chemistry and biology teachers throughout Malang Regency as partners. The activities are carried out offline at SMAN 1 Lawang and online using Zoom Meeting. The online activity also attended by SMA teachers from outside Java. The first stage of these activities were delivering material related to photosynthetic bacteria, the Winogradsky column, and dyes. The second stage was the practice of making Winogradsky columns followed by focus group discussion. The results of the questionnaire showed a positive response to the activities. The majority of participants gave a "Good" and "Excellent" rating. Participants wanted a follow-up this activity in the form of re-implementing this activity in rotation at different schools.*

**Keywords:** Chemical dyes, Winogradsky column, photosynthetic bacteria, renewable

Submit:  
17.01.2021

Revised:  
16.02.2021

Accepted:  
26.03.2021

Available online:  
12.05.2021

## PENDAHULUAN

Pengembangan dan penguatan eco-tourism dan ekonomi kreatif untuk mewujudkan Indonesia maju dan mandiri di tahun 2025 menjadi peluang sekaligus tantangan bagi pemerintah daerah, pemerintah kota maupun pemerintah provinsi untuk mendesain dan mengembangkan potensi internal di masing-masing wilayah daerah, khususnya UMKM. Batik merupakan warisan budaya khas Indonesia yang telah mendapatkan penghargaan dan pengakuan UNESCO bahwa "Batik merupakan warisan budaya dunia berasal dari Indonesia". Pengakuan tersebut disampaikan pada tanggal 2 Oktober 2009. Penghargaan UNESCO tersebut dan juga didukung oleh kreativitas seni dan budaya masyarakat Indonesia, maka usaha batik semakin berkembang dan menjadi daya tarik tersendiri baik di masyarakat Indonesia maupun masyarakat mancanegara. Berbagai ciri khas batik mulai melekat dalam keseharian masyarakat, seperti batik Solo, batik Pekalongan, batik Klaten, batik Bojonegoro, batik Kalimantan, dan hampir di seluruh kepulauan di Indonesia memiliki kekhasan motif dan warna batik daerah masing-masing.

Penggunaan pewarna kimia pada proses pewarnaan batik menimbulkan masalah di lingkungan. Pewarna kimia yang sering digunakan sebagai pewarna batik, diantaranya adalah naptol, remasol, dan indigosol. Pewarna kimia tersebut dapat merubah kondisi ekosistem perairan, yaitu terjadinya perubahan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Pewarna alami merupakan alternatif pewarna yang tidak toksik, dapat diperbaharui (renewable), mudah terdegradasi dan ramah lingkungan. Sumber pewarna alami dapat berasal dari tumbuhan, binatang, dan mikroorganisme. Pewarna alami dapat diperoleh dari tumbuhan, binatang atau mineral dan mikroorganisme [1]. Mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk memproduksi macam pigmen, dapat dijadikan sebagai bagian dari sumber pewarna alami. Pigmen utama yang dihasilkan dari mikroorganisme adalah merah, kuning dan biru. Warna merah dan kuning, seperti monascue dihasilkan oleh *Monascus* sp., karotenoid dari *Phaffia rhodozyma*, *Micrococcus roseus*, *Brevibacterium linens* dan *Bradyrhizobium* sp., serta xanthomonadin dari *Xanthomonas campestris* pv. [2]. Penelitian tentang bakteri penghasil warna biru sangat terbatas karena beberapa bakteri tidak berkemampuan dalam menghasilkan warna biru. Malik et al. [3] menyatakan bahwa mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan pigmen dengan produksi tinggi adalah spesies dari *Monascus*, *Paecilomyces*, *Serratia*, *Streptomyces*, *Penicillium herquei*, *Rhodotorula*, *Sarcina*, *Phaffia Cryptococcus*, *Bacillus* sp., *Achromobacter*, dan *Yarrowia* [4].

Kolom Winogradsky merupakan suatu kultur pengkayaan yang cocok untuk mendapatkan dan mengisolasi berbagai bakteri fotosintetik. Bakteri fotosintetik tersebut merupakan bakteri yang memiliki pigmen sehingga dapat dijadikan sebagai sumber pewarna alami. Pengetahuan masyarakat terhadap kolom Winogradsky dapat menjadi tahap awal untuk pengembangan zat warna alami yang berbasis pada mikroorganisme. Sumber mikroorganisme yang berasal dari hutan Mangrove dan berdekatan dengan komunitas pengrajin batik, menjadikan keragaman mikroorganisme pada kolom Winogradsky menjadi lebih beragam dan memungkinkan dihasilkan bakteri-bakteri dengan pigmen warna tertentu.

Biodiversitas mikroorganisme melalui miniatur kolom Winogradsky dapat menjadi sumber pembelajaran bagi siswa(i) sekolah menengah atas berkaitan dengan mikroorganisme dan zat warna. Kegiatan pengabdian ini melibatkan guru-guru kimia dan biologi pada tingkat sekolah menengah atas guna memperkaya pengetahuan guru terhadap eksplorasi zat warna yang berasal dari mikroorganisme. Pengetahuan yang dimiliki oleh guru-guru ini dapat menjadi bahan pembelajaran tambahan yang dapat memperkaya pengetahuan siswa, khususnya pada topik pembelajaran tentang mikroorganisme dan zat warna. Selain itu, kolom Winogradsky ini dapat menjadi bahan kajian menarik untuk karya ilmiah siswa(i) di sekolah menengah atas.

## IDENTIFIKASI MASALAH

Pada umumnya, pengrajin batik di Indonesia masih menggunakan pewarna kimia yang mayoritas bersifat tidak ramah lingkungan. Pewarna kimia yang masih digunakan, diantaranya adalah naptol, remasol, indigosol dan turunannya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Kun Lestari WF, Rini Purwani Hajari dan Hendri Supranto dari Balai Besar Industri Kerajinan Batik, Yogyakarta, menunjukkan bahwa bahan-bahan pewarna kimia tersebut di atas menimbulkan perubahan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Nilai BOD dan COD yang disebabkan oleh bahan pewarna indigosol adalah nilai BOD<sub>5</sub> mencapai 3.053 mg/L dan COD mencapai 10.230 mg/L. Sementara itu, nilai BOD<sub>5</sub> naptol mencapai 5.411 mg/L dan COD 19.921 mg/L. Definisi BOD<sub>5</sub> adalah jumlah oksigen yang diperlukan selama lima hari oleh organisme dalam proses degradasi, sedangkan COD merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air oleh bakteri. Dampak negatif lainnya adalah pewarna kimia yang digunakan sebagai bahan pewarna pada proses pewarnaan batik oleh pengrajin batik sendiri dapat menimbulkan penyakit kulit. Hal ini disebabkan karena pewarna kimia yang digunakan, sebagai contoh naptol termasuk dalam kategori Bahan Beracun Berbahaya (B3).

Hutan mangrove merupakan sumber daya alam yang kaya akan bakteri penangkap cahaya (bakteri fotosintetik) yang dapat menghasilkan pigmen warna alamiah. Solusi penggantian pewarna kimia dengan pewarna alami inilah yang akan menjadi perpaduan sinergisitas pengembangan pewarna alamiah dari sumber pigmen hutan mangrove untuk pewarna batik ramah lingkungan. Penggunaan warna alami ini dapat menjadi solusi dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat dari penggunaan pewarna sintesis. Sampel tanah yang berasal dari hutan Mangrove disekitaran pengrajin batik Wonorejo digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kolom Winogradsky. Pembuatan kolom dilakukan di SMA Negeri 1 Lawang dengan melibatkan guru biologi dan kimia yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Biologi se Kabupaten Malang serta secara daring yang melibatkan guru-guru dari Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Sumatera Utara.

Hasil pembuatan kolom Winogradsky oleh guru-guru sekolah menengah atas dengan salah satunya menggunakan sampel tanah hutan Mangrove Wonorejo dapat menjadi tahapan awal bagi dalam pengembangan zat warna alami yang bersumber pada mikroorganisme. Selanjutnya dikesempatan yang akan datang, pewarna alami hasil eksplorasi menggunakan kolom Winogradsky dapat menjadi sumber pewarna untuk pengrajin batik, khususnya pengrajin batik Wonorejo.

Partisipasi mitra dalam program yang ditunjukkan dengan adanya dukungan dan kesanggupan kerja sama sebagai mitra dengan tim dari Universitas Airlangga, dalam hal ini dari Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, dalam penerapan Ipteks bagi masyarakat, khususnya guru-guru Kimia dan Biologi yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Kimia se Kabupaten Malang. Partisipasi mitra ini ditunjukkan melalui pelaksanaan kegiatan secara bersama-sama dalam hal penentuan dan penyiapan sampel tanah yang digunakan untuk pembuatan kolom Winogradsky, selain sampel tanah yang berasal dari hutan Mangrove Wonorejo, Surabaya. Sampel tanah yang disiapkan oleh guru-guru berasal dari sampel tanah sawah dikawasan Kalirejo, Lawang, Kabupaten Malang. Mitra juga melakukan proses pembuatan kolom Winogradsky dan melakukan pemantauan hingga dihasilkan/terlihat segregasi warna dari kolom.

## METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di SMA Negeri 1 Lawang, Malang, Jawa Timur secara *hybrid*, yaitu daring dan luring. Kegiatan daring melibatkan guru-guru dari berbagai wilayah Indonesia melalui platform *Zoom meeting*, sedangkan luring melibatkan guru-guru kimia dan biologi yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Biologi se Kabupaten Malang.

### 1. Sasaran Mitra

Mitra dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah:

- a. Guru kimia dan biologi SMA yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Biologi se Kabupaten Malang, Jawa Timur. Guru-guru mengikuti kegiatan secara luring di aula SMA Negeri 1 Malang dengan penerapan protokol kesehatan yang ketat.
- b. Guru kimia, biologi dan guru kelas yang berasal dari luar Kabupaten Malang, meliputi Surabaya dan Mojokerto serta dari luar Jawa Timur, meliputi Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Sumatera Utara. Guru-guru dari luar Kabupaten Malang dan luar Jawa Timur, mengikuti kegiatan secara daring melalui *Zoom meeting*.

### 2. Mekanisme Kegiatan

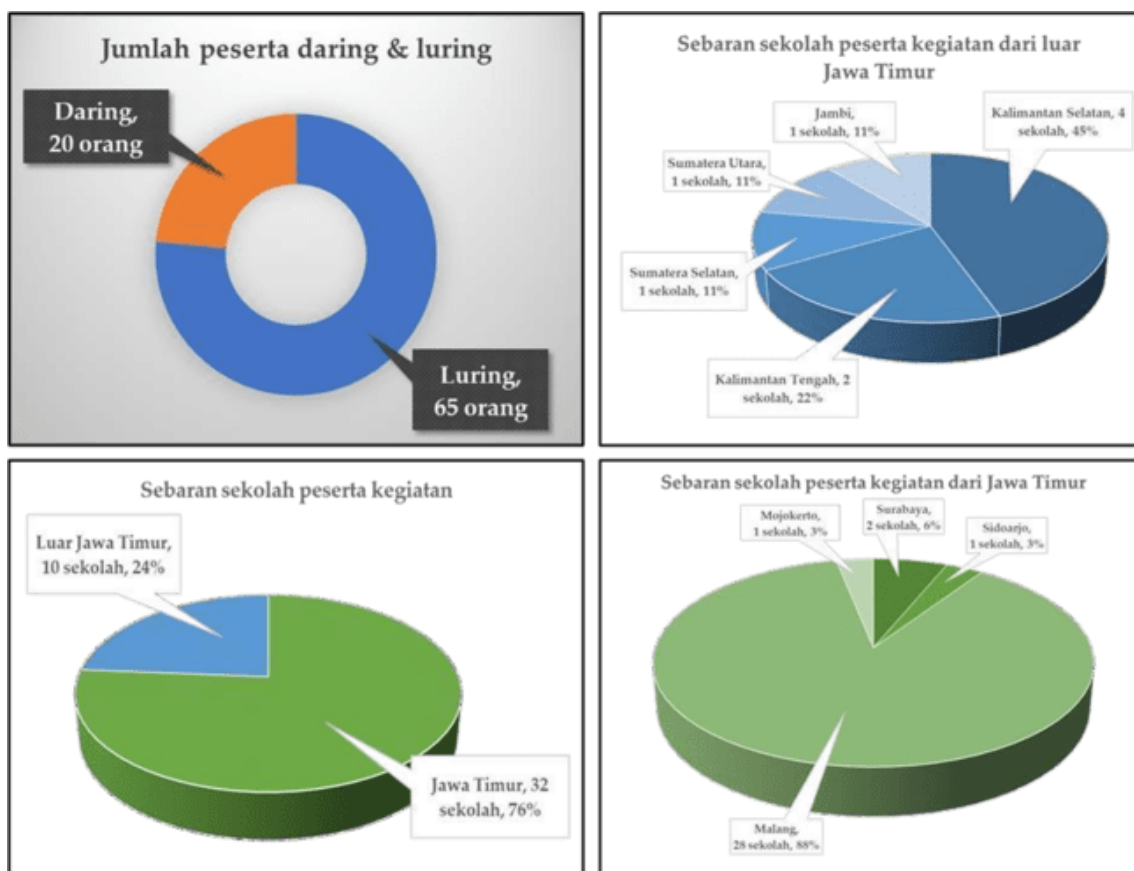
Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan dengan tahapan kegiatan sebagai berikut:

- a. Berkoordinasi dengan Kepala SMA Negeri 1 Lawang, Malang, Jawa Timur, sebagai tempat untuk pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat yang melibatkan guru kimia dan biologi se Kabupaten Malang.
- b. Mendiseminasikan info kegiatan pengabdian kepada guru-guru untuk mengikuti kegiatan pengabdian.
- c. Tim pengusul menyusun handout praktek pembuatan kolom Winogradsky dan materi pelatihan dan focus group discussion.
- d. Melaksanakan kegiatan pelatihan berupa penyampaian materi dan praktek pembuatan kolom Winogradsky di SMA Negeri 1 Lawang kepada guru kimia dan biologi yang tergabung dalam MGMP Kimia dan Biologi se Kabupaten Malang. Kegiatan ini dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap 1: pembuatan kolom Winogradsky dari sedimen hutan mangrove Wonorejo, Surabaya dan sedimen tanah sawah Kalirejo, Malang, dan tahap 2: pengamatan biodiversitas bakteri penangkap cahaya di kolom Winogradsky setelah 1 – 2 minggu pertumbuhan. Kegiatan tahap 1 dibuat dalam bentuk rekaman dan kemudian diunggah pada saluran Youtube Departemen Kimia, FST Universitas Airlangga.
- e. Selain secara luring di SMA Negeri 1 Lawang, kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dengan sistem hybrid menggunakan *Zoom meeting* untuk peserta dari luar Malang dan luar Jawa Timur.
- f. Pelaksanaan focus group discussion.
- g. Pelaksanaan evaluasi terhadap peserta kegiatan berupa post-test.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan oleh tim dari Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga merupakan kegiatan pengabdian dengan skema Program Kemitraan Masyarakat (PKM). Program ini melibatkan guru-guru kimia dan biologi sebagai mitra kegiatan. Kegiatan ini dilaksanakan dengan sistem hybrid, yaitu perpaduan antara luring dan daring. Kegiatan luring dilaksanakan dengan mengundang guru kimia dan biologi tingkat SMA yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Biologi se Kabupaten Malang. Pelaksanaan secara luring dilakukan di SMA Negeri 1 Lawang dan dihadiri oleh 65 orang guru (daftar hadir terlampir). Pelaksanaan secara luring menerapkan protokol kesehatan ketat dan diawasi oleh Satuan Tugas Covid-19 yang dimiliki oleh SMA Negeri 1 Lawang. Kegiatan ini dilaksanakan pada hari Sabtu, tanggal 25 September 2021. SMA Negeri 1 Lawang beralamat di Jl.

Pramuka No.152, Krajan, Kalirejo, Kec. Lawang, Malang, Jawa Timur 65216 dan berjarak lebih kurang 82 Km dari Kota Surabaya.



**Gambar 1. Sebaran peserta dan sebaran sekolah yang berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga**

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat secara daring dilakukan dengan menggunakan Zoom Meeting. Peserta yang mengikuti kegiatan secara daring merupakan peserta yang berasal dari luar Malang dan luar Jawa Timur. Gambar 1 menunjukkan sebaran peserta yang mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga. Tercatat bahwa terdapat 20 peserta yang mengikuti kegiatan secara daring dengan 12 peserta yang berasal dari luar Jawa Timur, meliputi Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, Sumatera Utara, dan Jambi. Peserta yang ikut daring tidak hanya berlatar belakang guru kimia atau biologi di sekolah menengah atas, melainkan juga guru kelas pada tingkat satuan pendidikan sekolah dasar. Hal ini mengindikasikan bahwa kegiatan pengabdian dengan topik pengayaan kolom Winogradsky memiliki daya tarik dan kebermanfaatannya bagi guru-guru. Secara keseluruhan, daftar sekolah yang mengikuti kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga, baik secara daring maupun secara luring ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Daftar sekolah peserta kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga**

| No | Nama Sekolah                       | Provinsi           |
|----|------------------------------------|--------------------|
| 1  | SMAN 1 Gondanglegi                 | Jawa Timur         |
| 2  | SMAN 1 Bantur                      | Jawa Timur         |
| 3  | SMA 1 Kejayan                      | Jawa Timur         |
| 4  | SMA Aisyah Boarding School         | Jawa Timur         |
| 5  | SMAN 1 Kepanjen                    | Jawa Timur         |
| 6  | SMA PGRI Lawang                    | Jawa Timur         |
| 7  | SMAN 1 Dampit                      | Jawa Timur         |
| 8  | SMAN 1 Turen Malang                | Jawa Timur         |
| 9  | SMA 1 An-Nuur Tirtuyuolo           | Jawa Timur         |
| 10 | SMAN 1 Bululawang                  | Jawa Timur         |
| 11 | SMAN 1 Singosari                   | Jawa Timur         |
| 12 | SMA PGRI Kromengan                 | Jawa Timur         |
| 13 | SMAN 1 Lawang                      | Jawa Timur         |
| 14 | SMA 1 Sumberpucung                 | Jawa Timur         |
| 15 | SMAN 1 Tumpang                     | Jawa Timur         |
| 16 | SMAN 1 Ngantang                    | Jawa Timur         |
| 17 | SMA Islam Kepanjen                 | Jawa Timur         |
| 18 | SMAN 1 Kepanjen Malang             | Jawa Timur         |
| 19 | SMA An-Nur Bululawang              | Jawa Timur         |
| 20 | SMAS Jenderal Sudirman             | Jawa Timur         |
| 21 | SMAN 1 Pagak                       | Jawa Timur         |
| 22 | SMA Tri Murti 01 Pakisaji          | Jawa Timur         |
| 23 | SMA I AN NUURU TIRTOYUDU           | Jawa Timur         |
| 24 | SMAN 1 Sumbermanjing               | Jawa Timur         |
| 25 | SMA Raudlatul Ulum Gondanglegi     | Jawa Timur         |
| 26 | SMA Sunan Kalijogo Jabung          | Jawa Timur         |
| 27 | SMAN 1 Budong-Budong               | Jawa Timur         |
| 28 | SMAN 5 Malang                      | Jawa Timur         |
| 29 | MAN Surabaya                       | Jawa Timur         |
| 30 | MA Amanatul Ummah, Surabaya        | Jawa Timur         |
| 31 | MAI Amanatul Ummah Pacet Mojokerto | Jawa Timur         |
| 32 | SMAN 1 Sidoarjo                    | Jawa Timur         |
| 33 | SMAN 1 Pelaihari                   | Kalimantan Selatan |
| 34 | SMAN 2 Jorong                      | Kalimantan Selatan |
| 35 | MAN 1 Banjarmasin                  | Kalimantan Selatan |
| 36 | SDN 2 Sungai Besar                 | Kalimantan Selatan |
| 37 | SD Negeri Seberang Mesjid 5        | Kalimantan Selatan |
| 38 | SMKN 1 Sebangau Kuala              | Kalimantan Tengah  |
| 39 | SMKN 1 Pandih Batu                 | Kalimantan Tengah  |
| 40 | SMAN 8 Kota Jambi                  | Jambi              |
| 41 | SMAN 6 Palembang                   | Sumatera Selatan   |
| 42 | MAN 2 Padangsidempuan              | Sumatera Utara     |

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama yaitu tutorial berupa penyampaian materi berkaitan dengan bakteri fotosintetik dan kolom Winogradsky serta teori dasar tentang zat warna serta sumber zat warna. Pada kesempatan ini, peserta diperkenankan untuk tanya jawab dengan narasumber. Narasumber pada tahapan ini adalah Prof. Dr. Afaf Baktir, MS. yang menyampaikan materi secara daring dan Dr. Alfinda Novi Kristanti, DEA yang menyampaikan materi secara luring. Pada tahapan ini juga dibuka sesi tanya jawab untuk peserta untuk menanyakan berbagai hal kepada narasumber berkaitan dengan topik yang disampaikan. Tahapan kedua adalah praktik pembuatan kolom Winogradsky yang selanjutnya diikuti dengan kegiatan focus group discussion. Pada tahapan ini, peserta luring

dibagi ke dalam 13 kelompok dan setiap kelompok terdiri atas 2 – 3 orang. Setiap kelompok disediakan alat dan bahan untuk membuat kolom Winogradsky. Praktik diawali dengan demonstrasi pembuatan kolom Winogradsky oleh tim pengabdian dan kemudian diikuti oleh peserta luring. Adapun peserta daring, dapat melihat demonstrasi pembuatan kolom Winogradsky melalui video tutorial yang telah disiapkan oleh tim pengabdian. Gambar 2 menyajikan proses kegiatan yang dilaksanakan oleh tim pengabdian.

Materi yang disajikan oleh narasumber pada tahapan tutorial adalah materi yang berkaitan dengan kolom Winogradsky dan bakteri fotosintetik. Kolom Winogradsky merupakan salah satu cara sederhana untuk mempelajari suatu lingkungan alami di laboratorium. Kolom ini ditemukan oleh ahli mikrobiologi Rusia bernama Sergei Winogradsky (1856-1953) dan Martinus W. Beijerinck (1851-1931) yang digunakan sebagai model untuk mempelajari interaksi populasi bakteri pada berbagai komunitas perairan dan sedimen perairan. Kolom ini pertama kali digunakan pada tahun 1880 untuk mengamati mikroorganisme yang hidup di tanah dengan prosedur berupa pengamatan terhadap siklus sulfur, nitrogen, fosfor, ataupun nutrisi lain yang umumnya terjadi di antara segmen permukaan yang bersifat aerob (memerlukan oksigen) dan segmen bawah yang bersifat anaerob (tidak memerlukan oksigen) [5]. Kolom Winogradsky juga menggambarkan hubungan interdependen antar mikroorganisme yang saling mempengaruhi satu dengan lainnya [6].

Kolom Winogradsky merupakan suatu kultur pengkayaan yang cocok untuk mendapatkan dan mengisolasi berbagai bakteri fotosintetik yang anaerob dan aerob. Kolom ini berperan sebagai sumber isolat berbagai jenis bakteri yang terlibat dalam siklus nutrisi dan digunakan untuk seleksi mikroorganisme tertentu. Mikroorganisme dengan kemampuan degradasi tertentu juga dapat diseleksi dengan menggunakan kolom Winogradsky. Misalnya, seleksi mikroorganisme pendegradasi plastik putih. Badriyah dan Shovitri [7], menggunakan kolom Winogradsky untuk melakukan degradasi plastik putih dengan variasi perairan dan sedimen perairan. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa setelah inkubasi 9 minggu, plastik putih mengalami degradasi sebesar 3,6% dengan menggunakan campuran air sampah dan mikroorganisme koleksi laboratorium.

Secara umum, pembuatan kolom Winogradsky dilakukan dengan memadatkan tanah atau lumpur yang diperoleh dari lingkungan dan kemudian ditambahkan air yang diambil dari lingkungan yang sama. Pengkayaan (*enrichment*) dilakukan dengan penambahan sumber mineral, sumber asam amino, dan sumber karbon. Penyusunan dalam bentuk kolom memungkinkan terbentuknya kondisi kaya oksigen (aerob) di permukaan kolom dan kondisi miskin oksigen (mikroaerofil) atau tanpa oksigen (anaerob) di bagian bawah. Hal ini yang mengakibatkan perkembangan sejumlah bakteri heterotrof dan fotoautotrof, termasuk bakteri sulfur fotosintetik anaerob. Dalam beberapa minggu akan terdapat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat hidup secara anaerob di dalam tanah dan membentuk zona-zona berbeda. Pengkayaan (*enrichment*) diterapkan dengan penambahan:

- a. Sumber mineral yaitu kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), dan kalium monofosfat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ),
- b. Sumber asam amino yaitu kuning telur yang sudah direbus, dan
- c. Sumber karbon yaitu kertas koran yang dipotong-potong kecil (sumber selulosa).

Inkubasi kolom Winogradsky di bawah sinar matahari selama berbulan-bulan menghasilkan gradien aerobik/anaerobik serta gradien sulfida. Kedua gradien ini mendorong pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme fotosintetik, seperti *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Chlorobium*, *Chromatium*, *Rhodospirillum rubrum*, *Beggiatoa* serta banyak spesies bakteri lain, seperti cyanobacteria dan alga. Apabila kolom Winogradsky ditumbuhkan dalam cahaya, akan diperoleh berbagai bakteri yang memiliki pigmen berbeda yang tumbuh di banyak lapisan berbeda dan memberi warna

berbeda-beda pada tiap lapisan. Bakteri yang dihasilkan akibat paparan sinar matahari merupakan golongan bakteri fotosintetik yang mampu menghasilkan zat warna dan memiliki manfaat luas. Apabila kolom Winogradsky diinkubasi dalam suasana gelap tanpa cahaya, kolom yang terjadi jauh lebih seragam, hanya memiliki sekitar 2 lapisan dan jumlah spesies bakteri yang tumbuh dalam ekosistem tersebut menjadi berkurang. Mikroorganisme pengurai di bagian atas kolom yang menggunakan respirasi aerobik dan pengurai di bagian bawah kolom yang menggunakan respirasi anaerob, serta organisme kemosintetik bawah menggunakan belerang.

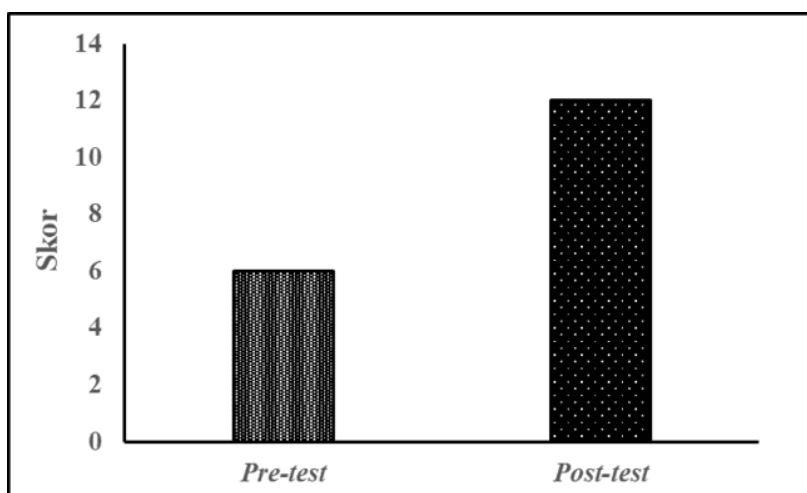


**Gambar 2.** Kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga. (A) Peserta luring secara seksama memperhatikan paparan materi oleh Prof. Dr. Afaf Baktir, MS., (B) pemaparan materi oleh Dr. Alfinda Novi Kristanti, DEA., (C) demonstrasi pembuatan kolom Winogradsky secara luring, (D) praktik pembuatan kolom Winogradsky oleh peserta.

Zat warna alami yang berasal dari bakteri fotosintetik disajikan sebagai materi kedua dalam kegiatan tutorial pada tahapan pertama kegiatan pengabdian masyarakat. Pigmen warna yang dihasilkan oleh bakteri fotosintetik dalam kolom Winogradsky dapat diisolasi dan digunakan sebagai sumber pewarna alami yang ramah lingkungan. Sedimen yang berasal dari hutan Mangrove dan persawahan dapat menjadi sumber biodiversitas mikroorganisme fotosintetik. Perlakuan lebih lanjut dari mikroorganisme kolom Winogradsky memerlukan langkah lebih lanjut guna eksplorasi zat warna secara alami. Akan tetapi pengetahuan awal berupa praktik kolom Winogradsky sebagai tempat pengayaan biodiversitas menjadi langkah awal untuk terciptanya pemanfaatan zat warna alami yang bersumber pada mikroorganisme. Kedepannya, eksplorasi zat warna dari bakteri fotosintetik hasil kolom Winogradsky perlu dilakukan dan langsung dimanfaatkan, khususnya untuk pemanfaatan sebagai pewarna batik.

Perbandingan skor *pre-test* dan *post-test* peserta kegiatan pengabdian masyarakat ditunjukkan pada Gambar 3. Soal *pre-test* dan *post-test* yang diberikan masing-masing berjumlah 15 soal. Hasil pada Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan signifikan terhadap pengetahuan peserta kegiatan, baik luring maupun daring, berkaitan dengan kolom Winogradsky sebagai medium pengayaan biodiversitas bakteri fotosintetik untuk zat warna alami. Rata-rata skor *pre-test* adalah 6 dari skor maksimal sebesar 15 poin, sedangkan rata-rata skor *post-test* adalah 12.

Hasil ini menggambarkan bahwa kegiatan yang dilakukan berdampak terhadap pengetahuan peserta sehingga pemahaman peserta terhadap kolom Winograsky mengalami peningkatan. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa kegiatan ini telah berhasil dalam peningkatan penerapan iptek oleh guru Kimia dan Biologi di sekolah menengah atas yang menjadi peserta dalam kegiatan ini. Hal ini sesuai dengan target dan luaran pada poin 2 yang telah dirumuskan sebelumnya dalam rancangan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat.

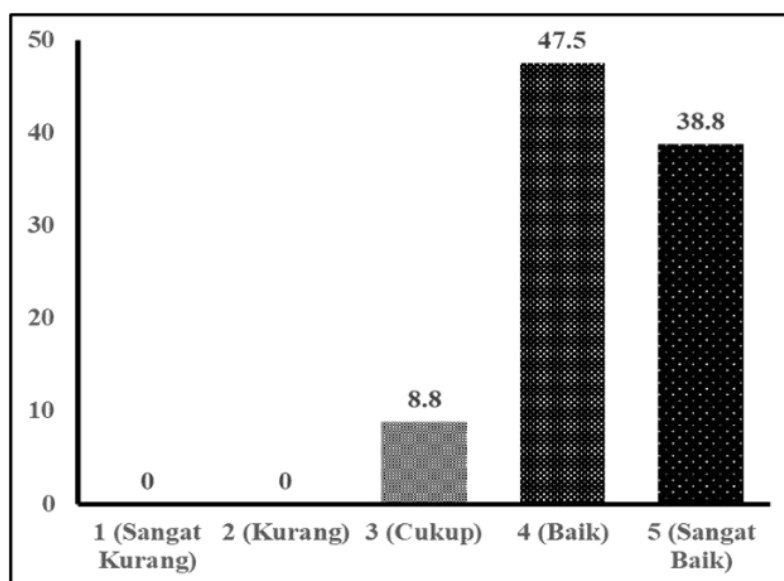


Gambar 3. Perbandingan nilai pre-test dan post-test peserta pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga. Skor maksimal yang diperoleh jika jawaban benar semua adalah 15.

Pada akhir kegiatan, peserta diberikan kuisisioner yang dibagikan melalui Google Form. Kuisisioner yang dibagikan kepada peserta berisi 9 pernyataan, yaitu:

- Bagaimana pendapat Saudara terkait nilai manfaat dari kegiatan ini,
- Pendapat Saudara tentang pemaparan materi kolom Winogradsky,
- Pendapat Saudara tentang pemaparan materi zat pewarna alami,
- Pendapat Saudara tentang pemaparan pengenalan Departemen Kimia,
- Pendapat Saudara tentang penjelasan materi praktik pembuatan kolom Winogradsky,
- Apakah materi pengmas ini bermanfaat untuk memperkaya materi pembelajaran Saudara,
- Pendapat Saudara tentang konsumsi yang disediakan oleh panitia,
- Pendapat Saudara tentang durasi kegiatan pengmas,
- Pendapat Saudara mengenai interaktif saat diskusi,

Selain pertanyaan dan pernyataan di atas, juga diberikan kolom komentar dan saran berkaitan dengan kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga. Hasil kuisisioner pada gambar 4 menunjukkan respon positif peserta terhadap kegiatan yang dilakukan (hasil kuisisioner terlampir). Mayoritas peserta yang mengisi kuisisioner memberikan penilaian "Baik" dan "Sangat Baik" terhadap pertanyaan dan pernyataan yang diberikan. Pada kolom komentar dan saran, peserta menginginkan adanya tindak lanjut terhadap kegiatan ini berupa pelaksanaan kembali kegiatan ini secara bergilir pada sekolah-sekolah yang berbeda. Respon ini tentunya memberikan sinyal yang baik bagi tim pelaksana agar kedepannya dapat melaksanakan kegiatan yang serupa pada sekolah-sekolah yang berbeda.



Gambar 4. Respon peserta terhadap kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga

Publikasi atas kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui media cetak dan media elektronik. Publikasi kegiatan ini dilakukan melalui saluran YouTube dan UNAIR News. Untuk publikasi kegiatan pada UNAIR News sudah diterbitkan pada tanggal 30 September 2021 (Gambar 5). Sedangkan untuk video after report berupa ringkasan kegiatan telah diupload pada saluran YouTube Departemen Kimia FST Universitas Airlangga (Gambar 6) dengan link: <https://www.youtube.com/watch?v=fwj1lg7mbuA> dan kanal BioME Unair (Gambar 7). Publikasi melalui media masa ini sebagai bentuk diseminasi kegiatan agar mudah dipahami dan diketahui oleh masyarakat luas. Selain itu, publikasi melalui media YouTube sebagai bentuk pengenalan Departemen Kimia FST Universitas Airlangga kepada masyarakat luas.

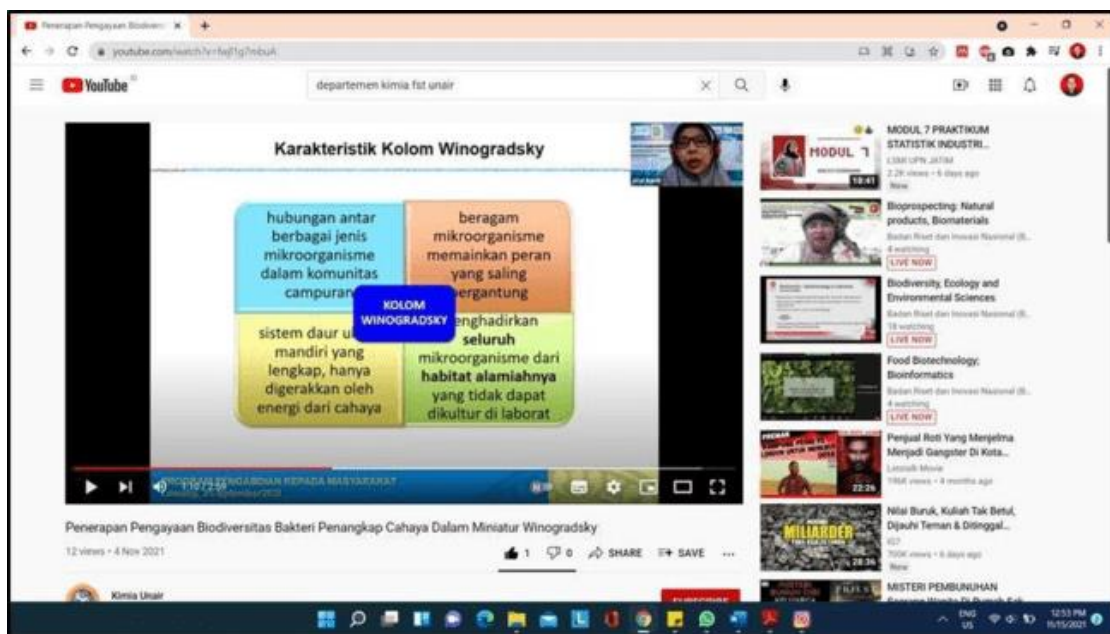


Gambar 5. Publikasi kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga, melalui saluran UNAIR News (<http://news.unair.ac.id/2021/09/30/dosen-kimia-unair-adakan-pengayaan-biodiversitas-bakteri-penangkap-cahaya-untuk-kembangkan-zat-warna-alamiah/>)

Tutorial pembuatan kolom Winogradsky yang menjadi acuan peserta saat pelaksanaan kegiatan secara luring juga telah diupload melalui saluran YouTube untuk dapat diakses

masyarakat secara luas. Hal ini dilakukan agar masyarakat dapat mengetahui dan memahami cara pembuatan kolom Winogradsky yang baik dan benar. Era digital saat ini menjadikan masyarakat akrab dengan berbagai saluran sosial media, salah satunya adalah YouTube. Sehingga publikasi berbagai macam kegiatan dan produk yang dihasilkan akan lebih cepat tersebar ke masyarakat jika diinformasikan dan dipublikasikan melalui sosial media, salah satunya adalah YouTube.

Hasil monitoring dan pemantauan terhadap kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan terhadap SMA Negeri 1 Lawang. Monitoring dilakukan secara virtual berupa pengiriman foto hasil kolom Winogradsky. Hasil dari kolom Winogradsky tersebut terlihat seperti pada Gambar 8. Adapun Gambar 9 merupakan hasil kolom Winogradsky yang telah disiapkan oleh tim pengabdian sebagai kolom uji coba dan kolom contoh. Hasil menunjukkan bahwa terjadi perubahan atau segregasi warna pada kolom Winogradsky seiring berjalannya waktu. Segregasi warna ini merupakan akibat dari aktivitas mikroorganisme yang tumbuh di dalam kolom Winogradsky seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 6. Publikasi kegiatan pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Universitas Airlangga, melalui saluran YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=fwj1g7mbuA>)



Gambar 7. Publikasi tutorial pembuatan kolom Winogradsky melalui saluran YouTube ([https://www.youtube.com/watch?v=qj\\_eNYHP\\_Sc&t=6s](https://www.youtube.com/watch?v=qj_eNYHP_Sc&t=6s))



Gambar 8. Kolom Winogradsky yang dilakukan oleh peserta dari SMA Negeri 1 Lawang, Malang. (A) Kolom Winogradsky oleh tim Ibu Suprapti, S.Pd., (B) kolom Winogradsky oleh tim Bapak Yudiono, S.Pd.

Uraian hasil pengamatan kolom Winogradsky oleh peserta pengabdian disajikan pada laporan hasil pengamatan kolom Winogradsky. Pada kegiatan ini, laporan yang disertakan adalah laporan hasil pengamatan oleh tim dari sekolah mitra, yaitu tim SMA Negeri 1 Lawang. Pada hasil pengamatan dan penjelasan yang dilakukan oleh kedua tim, terlihat bahwa terjadi segregasi atau perubahan warna pada kolom Winogradsky. Kedua tim menjelaskan bahwa perubahan warna serta adanya gelembung-gelembung gas yang dihasilkan di dalam kolom menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme. Aktivitas ini tentu saja menjadi indikator keberhasilan peserta dalam pembuatan kolom Winogradsky.



**Gambar 9. Kolom Winogradsky yang disiapkan oleh tim pengabdian Departemen Kimia FST Universitas Airlangga**

Kolom Winogradsky yang dibuat oleh tim pelaksana pengabdian sebelumnya juga terus dipantau sebagai standar dalam pembuatan kolom Winogradsky. Hasilnya ditunjukkan seperti pada Gambar 9. Pada Gambar 9 terlihat perubahan yang sangat signifikan antara minggu ke – 0 saat kolom di buat dengan minggu-minggu setelahnya. Pemantauan pada minggu ke – 3 menunjukkan perubahan warna yang semakin gelap dalam kolom Winogradsky. Jika dilihat pada posisi yang tepat, terdapat segregasi warna pada kolom Winogradsky minggu ke – 3. Terdapat dua lapisan yang jelas terlihat pada minggu ke – 3, yaitu warna hitam pada bagian bawah dan merah pada bagian atas. Lapisan bagian bawah merupakan mikroorganisme pengurai atau mikroorganisme anaerobik. Mikroorganisme tersebut berupa bakteri pereduksi sulfat (sulfate-reducing bacteria, SRB), misalnya *Desulfobacter* sp. yang menghasilkan gas H<sub>2</sub>S. Sedangkan lapisan bagian atas yang berwarna merah, diduga merupakan mikroorganisme golongan bakteri fotosintetik anoksigenik (BFA). Bakteri fotosintetik anoksigenik (BFA) merupakan kelompok bakteri yang hidup pada sistem perairan (laut, estuaria, dan tawar). BFA bersifat fototrofik, mampu hidup pada kandungan oksigen rendah dan memanfaatkan gelombang sinar infra merah untuk mengeksitasi membran fotosistem dalam proses fotosintesisnya. Aktivitas fotosintetik tidak menggunakan air sebagai donor elektron, sehingga tidak dihasilkan oksigen dalam proses tersebut (anoksigenik).

Pengetahuan tentang kolom Winogradsky bagi peserta pelatihan dapat menjadi pengembangan wawasan bagi peserta dalam hal biodiversitas mikroorganisme. Pengetahuan tentang pengayaan bakteri melalui kolom Winogradsky dapat menjadi salah satu topik pembelajaran di sekolah untuk menunjang pengetahuan siswa dalam hal keanekaragaman hayati. Selain itu, guru-guru yang menjadi mitra pengabdian masyarakat oleh Departemen Kimia FST Unair, dapat mengembangkan topik kolom Winogradsky untuk menjadi suatu karya ilmiah bagi siswa. Harapannya di kegiatan yang akan datang dapat dilakukan isolasi zat warna alami dari mikroorganisme yang dihasilkan pada kolom Winogradsky. Sehingga terjadi kegiatan pengabdian masyarakat yang berkelanjutan dan berkesinambungan dengan sekolah dan guru-guru mitra. Kesenambungan ini diharapkan menjadi sebuah kontribusi yang saling menguntungkan antara Departemen Kimia FST Universitas Airlangga sebagai pelaksana dengan sekolah dan guru-guru Kimia & Biologi se Kab. Malang sebagai mitra.

## KESIMPULAN

Pengabdian kepada masyarakat mengenai pengayaan biodiversitas bakteri penangkap cahaya dalam miniatur Winogradsky yang potensial untuk pengembangan zat warna alamiah oleh Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dengan mitra/peserta kegiatan adalah guru kimia dan biologi, dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya. Dari hasil kegiatan yang telah dilaksanakan dan berdasarkan pada target dan luaran yang ingin dicapai, maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan pengabdian yang dilaksanakan pada hari Sabtu, 25 September 2021 di SMA Negeri 1 Lawang adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan telah berjalan efektif dan sesuai sasaran kegiatan dengan peserta berjumlah 85 orang, 65 orang sebagai peserta luring dan 20 orang sebagai peserta daring. Peserta yang mengikuti kegiatan, baik daring maupun luring berasal dari berbagai provinsi di Indonesia, yaitu Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, Sumatera Utara dan Jambi.
2. Kegiatan pengabdian masyarakat telah memberikan bekal pengetahuan kepada guru-guru mitra kegiatan berupa penerapan Ipteks dan keterampilan dalam pembuatan kolom Winogradsky sebagai sumber pengayaan biodiversitas bakteri penangkap cahaya yang potensial untuk pengembangan zat warna alamiah.
3. Telah disusunnya artikel ilmiah tentang kegiatan pengabdian masyarakat untuk dipublikasikan pada jurnal ilmiah nasional.

Berdasarkan evaluasi dan monitoring yang dilakukan selama kegiatan berlangsung, diperoleh beberapa saran yang dapat menjadi bahan evaluasi dikemudian hari. Adapun saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan kegiatan lanjutan terhadap kolom Winogradsky hingga didapatkan zat warna yang dapat dimanfaatkan sebagai zat pewarna alami.
2. Kegiatan serupa perlu dilakukan secara kontinyu pada sekolah-sekolah yang berbeda dan melibatkan siswa dalam pelaksanaannya.

## Ucapan Terimakasih

Tim pengabdian mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga atas dukungannya dalam pelaksanaan kegiatan ini. Selain itu, terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Kepala SMA Negeri 1 Lawang beserta staf dan guru kimia & biologi yang tergabung dalam MGMP Kimia dan MGMP Biologi se Kabupaten Malang serta guru-guru dari Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Sumatera Utara, yang turut serta sebagai mitra dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini.

## REFERENSI

- [1] M. Visalakshi and M. Jawaharlal, "Healthy Hues – Status and Implication in Industries – Brief Review .," *J. Agric. Allied Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 42–51, 2013, [Online]. Available: <http://www.rroij.com/open-access/healthy-hues--status-and-implication-in-industries--brief-review.php?aid=33810>.
- [2] T. Pujilestari, "Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri," *Din. Kerajinan dan Batik*, vol. 32, no. 2, pp. 93–106, 2015, doi: 10.22322/dkb.v32i2.1365.
- [3] K. Malik, J. Tokkas, and S. Goyal, "Microbial Pigments : A review," vol. 1, no. 4, pp. 361–365, 2012.
- [4] C. Gupta, A. P. Garg, D. Prakash, and S. Goyal, "Microbes as Potential Sources of Biocolours," *Pharmacologyonline*, no. 2, pp. 1309–1318, 2011.

- 
- [5] D. C. Anderson and R. V. Hairston, "The Winogradsky column & biofilms models for teaching nutrient cycling & succession in an ecosystem," *Am. Biol. Teach.*, vol. 61, no. 6, pp. 453–458, Jun. 1999, doi: 10.2307/4450728.
- [6] J. Deacon, "The Microbial World: Winogradsky column: perpetual life in a tube," *The University of Edinburgh*, 2014. <http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/winograd.htm> (accessed Apr. 07, 2022).
- [7] L. Badriyah and M. Shovitri, "Biodegradasi Plastik Putih dalam Kolom Winogradsky," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 4, no. 2, pp. 2337–3520, Jan. 2016, doi: 10.12962/J23373520.V4I2.13262.