

Utilization of Biopori as a Composting Media and Management of Rainwater Flooding in the As Sakinah Mosque Area, Mulyorejo Village, Sukun District, Malang City

Anis Artiyani^{1*}, Mochammad Ibrahim Ashari², I Nyoman Sudiasa³, Nenny Roostrianawaty⁴, Erry Ika Rhofita⁵, Evelyn Darmawulan Djami Wadu⁶, Cindy Sandrina Yoseph⁷, Ida Bagus Prama Wijaya⁸, Marchello Gabriel⁹, Maia Hana Sa'diyah¹⁰

Institut Teknologi Nasional Malang

Corresponding Author: Anis Artiyani anisartiyani@ymail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords : Biopores, Puddles, Composters, Organic Waste

Received : 03 November

Revised : 24 November

Accepted: 25 December

©2023 Artiyani, Ashari, Sudiasa, Roostrianawaty, Rhofita, Wadu, Yoseph, Wijaya, Gabriel, Sa'diyah: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Biopori is a simple technology that can do a lot. This can be used as water absorption, reducing waterlogging, as a composting container, and of course fertilizing the soil. This program is run through a learning by doing system that uses material modules as teaching media. Based on the existing conditions, the counseling technique was carried out by gathering several local residents and providing direct practical explanations on how to install biopores and explaining the advantages of biopores as a means of storing water absorption as well as a composting medium for organic waste. The aim of this service is to master the technique of making biopores and prove the benefits of biopores in being able to overcome puddles while storing water reserves in the soil and can also be used as a composter for organic waste which can later be used as compost. So that the inconvenience of passing residents, especially those going to the mosque for worship, because there is standing water in the paving area of the mosque and reducing the volume of residents' waste, especially organic waste, can be resolved.

Pemanfaatan Biopori Sebagai Media Pengomposan dan Penanggulangan Genangan Air Hujan di Kawasan Masjid As Sakinah Kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang

Anis Artiyani^{1*}, Mochammad Ibrahim Ashari², I Nyoman Sudiasa³, Nenny Roostrianawaty⁴, Erry Ika Rhofita⁵, Evelyn Darmawulan Djami Wadu⁶, Cindy Sandrina Yoseph⁷, Ida Bagus Prama Wijaya⁸, Marchello Gabriel⁹, Maia Hana Sa'diyah¹⁰

Institut Teknologi Nasional Malang

Corresponding Author: Anis Artiyani anisartiyani@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRAK

Kata Kunci: Biopori, Genangan Air, Komposter, Sampah Organik

Received : 03 November

Revised : 24 November

Accepted: 25 Desember

©2023 Artiyani, Ashari, Sudiasa, Roostrianawaty, Rhofita, Wadu, Yoseph, Wijaya, Gabriel, Sa'diyah: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Biopori adalah teknologi sederhana yang dapat melakukan banyak hal. Ini dapat digunakan sebagai resapan air, mengurangi genangan air, sebagai wadah pengomposan, dan tentu saja menyuburkan tanah. Program ini dijalankan melalui sistem *learning by doing* yang menggunakan modul materi sebagai media ajar. Berdasarkan kondisi existing teknik penyuluhan dilakukan dengan mengumpulkan beberapa warga setempat dan memberikan penjelasan secara langsung dengan praktek bagaimana memasang biopori dan menjelaskan keuntungan biopori sebagai sarana penyimpan resapan air sekaligus sebagai media komposter untuk sampah organik. Tujuan dari pengabdian ini untuk menguasai teknik pembuatan biopori dan membuktikan manfaat biopori bisa untuk mengatasi genangan sekaligus menyimpan cadangan air dalam tanah dan juga dapat di gunakan sebagai komposter sampah organik yang nantinya dapat di gunakan sebagai kompos. Sehingga ketidaknyamanan warga yang melintas khususnya yang akan berangkat ibadah ke masjid karena ada genangan air di paving area masjid dan mengurangi volume sampah warga khususnya sampah organik dapat teratasi.

PENDAHULUAN

Biopori adalah teknologi sederhana yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Ini dapat berfungsi sebagai resapan air, mengurangi genangan air sebagai media komposter (1) dan meningkatkan kesuburan tanah. Beberapa hasil pengabdian Masyarakat, biopori sebagai teknologi alternatif untuk mencegah banjir Kusuma (2), masyarakat mendapatkan pengetahuan umum tentang biopori, pemanfaatan biopori, penentuan titik pemasangan biopori (3) dan penjelasan bagaimana pembuatan biopori (4).

LRB (Lubang Resapan Biopori) (5) adalah teknologi konservasi air bawah tanah yang mudah digunakan, relatif murah, dan ramah lingkungan. LRB dapat menangani krisis air dan berkontribusi secara nyata dalam mengurangi dampak bencana banjir.

Kawasan wilayah studi yaitu Masjid As Sakinah kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang, merupakan masjid yang didirikan dari dana swadaya masyarakat yang berada di kawasan perum Pondok Cempaka Indah di Kota Malang. Lahan masjid dikelilingi area persawahan padi yang rentan dengan genangan irigasi. Kondisi paving ketika sungai meluap dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini:



Gambar 1. Kondisi Paving karena Luapan Air Sungai

Kondisi ini didukung adanya sungai kecil di sepanjang persawahan berbatasan langsung dengan lokasi masjid. Saat hujan, luapan air sungai kecil dan air sawah yang mengalir ke jalan menuju masjid tidak dapat dihindari, karena posisi jalan ke masjid lebih rendah dari sungai. Sungai yang ada di samping masjid meluap atau hujan, paving arah ke masjid sering kali terjadi genangan, di dukung kondisi geografis, kontur tanah masjid yang mengalami penurunan tanah dari tetinggian sungai sehingga area masjid terjadi genangan air ketika musim penghujan. Hal ini mengganggu aktifitas jamaah dan masyarakat yang akan pergi ke masjid ataupun melintas di area tersebut.

Upaya mengatasi kondisi ini dengan menyediakan lubang biopori. Pada kegiatan pengabdian ini akan dilakukannya penyuluhan, diskusi dan tanya

jawab selanjutnya diagendakan pelaksanaan dilapangan dalam pembuatan dan pemanfaatan biopori.

Permasalahan Mitra

Lahan masjid yang dikelilingi area persawahan padi yang rentan dengan genangan air karena peruntukan sebagai irigasi. Kondisi ini didukung adanya sungai kecil di sepanjang persawahan yang berbatasan langsung dengan lokasi masjid.

Solusi Permasalahan

Pada kegiatan pengabdian masyarakat ini diusulkan pembuatan biopori sebagai media pengomposan dan penanggulangan genangan air hujan sehingga memudahkan akses warga yang melewati jalan disekitar masjid As Sakinah. Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan kan oleh mitra maka tujuan pengabdian masyarakat yang diharapkan yaitu:

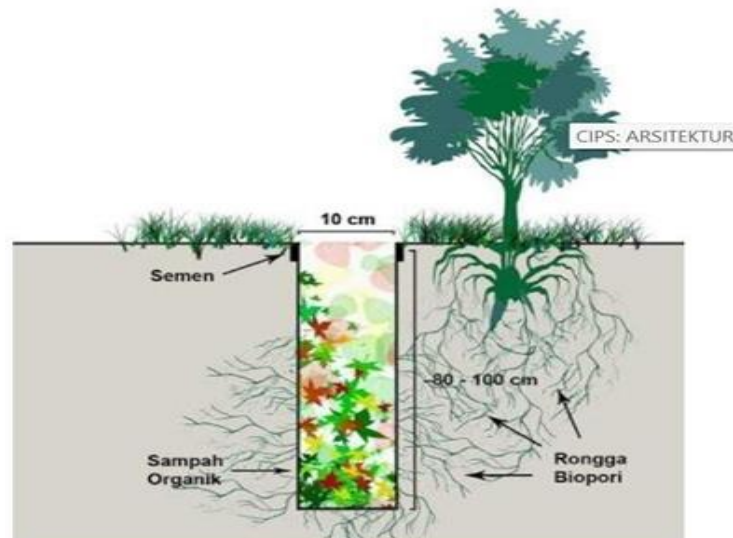
1. Mengatasi genangan di Kawasan Masjid As Sakinah
2. Mempermudah akses warga yang melewati jalan di sekitar Masjid As Sakinah
3. Mengurangi sampah yang dihasilkan disekitar kawasan masjid.

Tinjauan Pustaka

Biopori

Lubang yang dibuat oleh aktivitas organisme yang hidup di dalam tanah disebut biopori. Namun, jumlah biopori alami berkurang seiring dengan keterbataasan lahan, yang berarti volume air hujan yang meresap ke dalam tanah otomatis berkurang. Biopori buatan ini meningkatkan air yang terserap dalam tanah. Beberapa peneliti telah menggunakan teknologi biopori. Kuruniastuti melakukan penelitian biopori menggunakan teknologi biopori alam di area yang terbatas. Lubang resapan bekisar berukuran 10-30 cm pada kedalaman 100 cm dari lapisan tanah teratas (6).

Biopori adalah teknologi yang dapat melakukan banyak hal. Mereka dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk resapan air, mengurangi volume air di permukaan tanah, media komposter dan dapat meningkatkan kesuburan tanah. Teknologi ini bermanfaat karena lebih mudah dan lebih murah dalam pendanaan dan aplikasi di lapangan. Jika ada biopori, bidang resapan air akan lebih besar. Biopori akan terbentuk dan tetap ada selama aktivitas fauna tanah pada lubang resapan (7), sehingga kemampuan resapan air tetap terjaga. Oleh karena itu, kombinasi antara luas bidang resapan dan kehadiran biopori secara bersama-sama akan meningkatkan kemampuan resapan air. Konsep rencana lubang resapan biopori dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini : (6)



Gambar 2. Konsep Lubang Resapan Biopori

Biopori dan Penggunaannya

Persiapan biopori diawali dengan pengeboran tanah dan memasukkan pipa paralon bisa berbahan PVC sesuai ukuran yg di inginkan bisaasanya yang digunakan 3 inchi. Teknologi resapan air ini dijadikan komposter untuk sampah organik. Didalam lubang resapan biopori memicu adanya organisme tanah seperti cacing, yang secara teori dapat membantu penguraian sampah dan penyubur tanah. Aktifitas organisme tanah ini nantinya akan membentuk lubang (biopori) sebagai jalur air dan udara didalam tanah. Lubang biopori "diaktifkan" dengan menambahkan sampah organik (8). Sampah organik yang dimasukan dalam lubang biopori dimanfaatkan organisme tanah yang nantinya akan terbentuk kompos. Resapan biopori selain berfungsi sebagai media resap air juga berfungsi sebagai komposter.

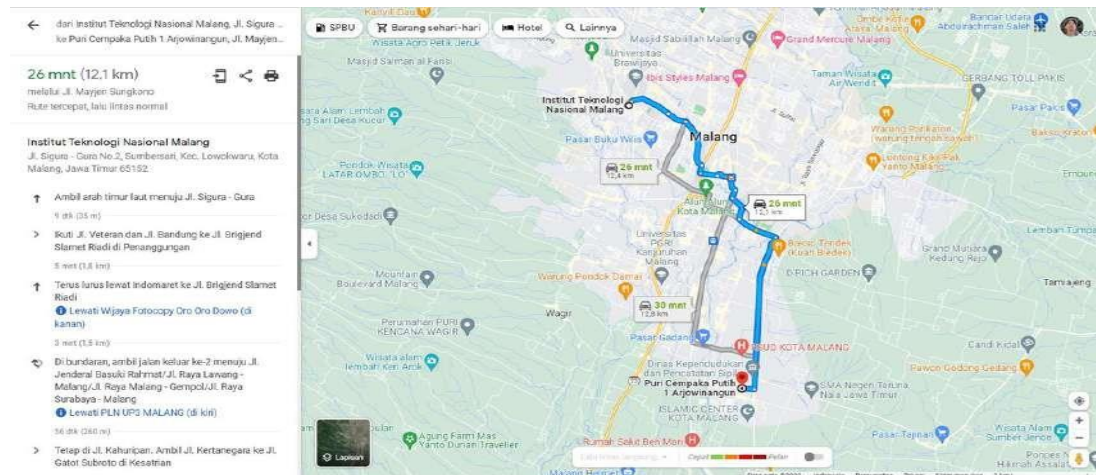
Kerusakan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain iklim, air, lalu lintas dan matrial yang digunakan. Penyebab yang utama adanya jalan yang rusak karena air yang menggenang di jalan. Genangan air menyebabkan rusaknya jalan karena ikatan material antara paving, aspal atau cor dengan agregat, selanjutnya jalan akan dilalui kendaraan sehingga menambah tekanan pada jalan yang material pendukung sudah jenuh akan air yang mengakibatkan terjadi retak atau pecah.(9)

PELAKSANAAN DAN METODE

Pengabdian masyarakat ini menggunakan metode yang langsung mensosialisasikan apa manfaat biopori perlu di pasang dilingkungan masjid dan area yang tergenang banjir atau luapan air sungai disebelah masjid ketika turun hujan, selain itu biopori dapat digunakan sebagai media komposter untuk sampah organik seperti sisa sayur dan daun. Manfaat lain biopori juga mempertahankan keberadaan air tanah.

Peta Lokasi

Gabaran lokasi pengabdian masyarakat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Pengabdian Masyarakat

Implementasi

Program ini dijalankan menggunakan sistem learning by doing dengan bantuan modul materi. Dalam metode penyuluhan, sejumlah orang dikumpulkan di salah satu rumah warga setempat dan diberikan penjelasan secara langsung. Ini membuat materi yang diberikan mudah dipahami oleh warga. Selanjutnya, warga akan menerima modul yang berisi tentang tujuan, bahan, dan metode pengolahan biopori. Adapun metode yang dilakukan dalam pengabdian ini adalah sebagai berikut:

(1) Sosialisasi

Sosialisasi kepada warga khususnya yang muslim dan sering melakukan sholat ke masjid dan warga yang menuju rumah harus melewati jalan area masjid yang ada perumahan Sosialisasi membahas manfaat dan pentingnya pembuatan biopori, dalam sosialisasi ini dijelaskan juga bagaimana cara pembuatan biopori yang juga berfungsi sebagai komposter. Sosialisasi ini diharapkan dapat memberikan bekal kepada para warga yang ada di daerah pengabdian untuk membuat sendiri biopori di sekitar rumah.

(2) Pemetaan

Metode pemetaan yang dilakukan menentukan di titik lokasi mana kemungkinan aliran air akan mengalir saat hujan datang. Pemetaan dilakukan langsung di lapangan pada saat turun hujan.

3) Hasil pemetaan

Didapatkan 4 titik yang dijadikan lokasi pemasangan biopori. 4 titik lokasi pemasangan biopori tersebut merupakan tempat akumulasi aliran air dan berdasarkan laporan warga yang merupakan tempat menggenangnya air saat hujan turun.

4) Perancangan

Setelah diketahui daerah-daerah mana yang perlu dipasang biopori, langkah selanjutnya membuat model dan ukuran biopori. Di sini ditentukan spesifikasi, ukuran, serta waktu pengerjaannya. Yang di pilih

bentuk silinder kedalaman kurang lebih 50 cm diameter 8 cm. yang dapat dilihat pada gambar 4. berikut ini :



Gambar 4. Model Biopori yang Akan Digunakan

5) Pembuatan Biopori.

Hasil dari rancangan model biopori telah dilaksanakan selama dua hari pengabdian. Selama pengerjaan, tim pengabdian mengevaluasi pembuatan biopori saat ini,

6) Pendampingan dan Pemantauan.

Program pendampingan dan pemantauan terhadap keberlanjutan kegiatan pada pengabdian pembuatan biopori dan pemanfaatannya sebagai media komposter ini diharapkan menjadi lebih berkembang dan menghindarkan dari kerusakan biopori karena factor usia atau kesalahan dalam pemanfaatan.

Pelaksanaan

Untuk membuat materi mudah dipahami oleh warga, pendekatan secara langsung kepada masyarakat digunakan. Modul yang berisi tentang tujuan, manfaat, bahan, dan metode pengolahan biopori akan dibagikan kepada warga. Selain itu, langkah-langkah dalam membuat biopori dijelaskan sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan dan bahan dalam membuat lubang biopori berupa paralon, gergaji, tutup lubang bahan pvc, alat bor, linggis, meteran.
2. Kemudian paralon di potong sepanjang 50 cm yang sudah dilubangi dengan spesifikasi diatas berjumlah 4 potong.
3. Selanjutnya membuat lubang biopori dibantu alat penggali atau bor tanah dengan posisi tegak dari permukaan tanah dan bertekanan selanjutnya alat bor diputar seperti arah jarum jam sampai membentuk lubang pada kedalaman 75 cm (lebih dalam dari panjang biopori)
4. Terakhir merapikan lubang biopori yang sudah tertanam dengan menambahkan semen untuk penguat antara biopori dan paving.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Perlakuan

Pelaksanaan pengabdian masyarakat dengan mitra di kawasan Masjid As Sakinah Kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang melalui "Pemanfaatan Biopori sebagai Media Pengomposan dan Penanggulanagn Genangan Air Hujan", menghasilkan dua luaran yaitu : Pembangunan nonfisik dan pembangunan fisik.

- a. Luaran pertama adalah pembangunan nonfisik. Tujuan dari pembangunan nonfisik ini untuk menumbuhkan kesadaran dan pemahaman warga mitra pengabdian tentang pentingnya membangun biopori sendiri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. berikut;



Gambar 5. Penjelasan Singkat terhadap Apa Biopori dan Manfaatnya dengan Pengelola Masjid

- b. Luaran kedua dari pengabdian ini adalah berupa pembangunan fisik. Pembangunan fisik yaitu pembangunan biopori, di sini biopori dibuat 3 titik pinggir jalan araea masjid dan 1 titik yang sering digenangi air saat hujan. Beberapa titik yang akan jadi lokasi pemasangan Biopori dapat dilihat pada Gambar 6. dan Gambar 7. berikut ini:



Gambar 6. Genangan Air yang Menunjukkan Titik Rencana Pemasangan Biopori di Area Masjid



Gambar 7. Genangan Air yang Menunjukkan Titik Rencana Pemasangan Biopori di Area Lain yang sering Terjadi Genangan

Simbolis penyerahan lubang biopori ke warga dapat dilihat pada Gambar 8. berikut ini:



Gambar 8. Penyerahan Simbolis Lubang Biopori ke Warga

Setelah proses pengerjaan selama 4 hari tahapan pembuatan lubang resapan biopori dapat dilihat seperti pada Gambar 9, 10, 11 dan 12 :



Gambar 9. titik Galian dan Biopori Disiapkan



Gambar 10. Proses Penggalian



Gambar 11. Penanaman Lubang Biopori



Gambar 12. Pemasangan Biopori setelah Dirapikan dengan Semen

Selain digunakan untuk menampung genangan air ketika musim hujan tiba, biopori ini juga dapat digunakan untuk membuat kompos. Ini dicapai dengan memasukkan sampah organik seperti sisa makanan dan daun ke dalam biopori, yang kemudian akan membentuk kompos yang bisa dimanfaatkan untuk menyuburkan tanaman sebagai pupuk, seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. di bawah ini:



Gambar 13. Biopori yang juga Digunakan sebagai Komposter

Biopori sebagai media komposter tahapan sebagai berikut :

1. Dengan memasukkan daun kering dan sampah basah ke lubang sampai terisi hampir penuh, diharapkan sampah akan terurai oleh mikroorganisme dan membentuk kompos. Tutup lubang dengan tutup paralon guna mencegah masuknya material kerikil, pasir atau bahan non-organik, ke lubang biopori. Bisa juga menggunakan roster atau angin-angin untuk menggantikan tutup paralon.
2. Setelah itu selesai, kita hanya perlu pemeliharaan, seperti mengontrol lubang agar tidak terjadi sumbatan dan menambahkan sampah organik kembali jika isi biopori sudah menyusut.

3. Kompos selanjutnya bisa dipanen setelah dua hingga tiga minggu. Kita dapat mengisi ulang dengan daun, mulai dari daun kering hingga sampah basah.
4. Dengan mengambil pupuk kompos yang telah didiamkan selama minimal dua hingga tiga minggu, hasil biopori ini bisa digunakan untuk memupuk.

Cara Perawatan Biopori

Biopori juga perlu diperhatikan agar kualitasnya terjaga dan tetap berfungsi dengan baik. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan saat perawatan lubang biopori:

1. Secara bertahap mengisi sampah organik ke dalam lubang biopori setiap empat hari sekali sampai menjadi kompos.
2. Setelah diisi penuh dengan sampah, kita dapat membiarkan lubang biopori selama tiga bulan untuk menjadi kompos.
3. Setelah kurang lebih tiga bulan, kompos yang sudah terbentuk dari lubang dan isi lubang biopori dengan sampah organik kembali. Selanjutnya, kompos dapat digunakan memupuk tanaman.

Diskusi

Jika kita ingin menerapkannya di lingkungan sekitar, ada banyak manfaat dari biopori dan kompos cair. Namun, hasilnya akan lebih baik jika kita semua bekerja sama untuk menerapkannya. Manfaat meningkat seiring dengan jumlah penerapan. Organisme dalam tanah memakan sampah organik sebagai makanan. Mereka dapat membuat kompos dari sampah, yang bermanfaat bagi tanaman di sekitarnya dan untuk mengurangi genangan air dan menghasilkan nilai tambahan dari sampah organik yang selama ini hanya dibuang langsung.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di area Masjid As Sakinah kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang melalui pembuatan biopori bertujuan memberikan solusi kepada masyarakat untuk meminimalisir genangan air dan saran untuk menghasilkan pupuk kompos. Kegiatan ini dilakukan selama lima bulan dimulai pada bulan Juli 2023 dan berakhir pada November 2023, dengan tahapan kegiatan antara lain: (i) sosialisasi mengenai manfaat biopori; (ii) pemetaan lokasi yang akan ditanam biopori; (iii) pembuatan dan pemasangan biopori; dan (iv) evaluasi hasil pemasangan. Hasil pemetaan lokasi menunjukkan bahwa terdapat empat titik yang akan dipasang biopori dan sarana pengomposan. Untuk lebih meningkatkan optimalisasi biopori tersebut perlu dilakukan evaluasi secara berkala untuk mengetahui penurunan kuantitas genangan dan hasil kompos yang dihasilkan. Diharapkan kegiatan ini adalah titik awal untuk melakukan pengelolaan lingkungan berkelanjutan di kawasan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dan team sampaikan terimakasih dan support pada pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini kepada:

1. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian (LPPM) ITN Malang yang telah memfasilitasi pendanaan dan informasi publish
2. Bapak Bapak Takmit Masjid As Sakinah Kelurahan Mulyorejo Kecamatan Sukun Kota Malang telah mengijikan kami untuk melakukan pengabdian masyarakat.
3. Warga Perum Pondok Cempaka Indah Kota Malang, Pak Dony, Pak Rahman dan Pak Agus dan lainnya yang telah memberikan informasi dan kesempatan ikut bergabung dalam proses pembuatan biopori.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman Dan Lingkungan Hidup Kabupaten Ketapang 2017 "*B I O P O R I Teknologi Tepat Guna Ramah Lingkungan* Oleh : Tim Biopori IPB (www.biopori.com)
- Faizatul Fitriyah, Agus Riyanto, Sri Sunarjono, Senja Rum Harnaeni "*Analisis Kualitas Drainase Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan Berdasarkan Metode Pavement Condition Index (Pci)*" (Studi Kasus : Jalan Raya Tanjung Anom - Daleman KM 0+000 - KM 3+150), Simposium Nasional RAPI XV - 2019 FT UMS ISSN 1412-9612 174 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Karuniastuti, N. (2014) '*Teknologi Biopori Untuk Mengurangi Banjir Dan Tumpukan Sampah Organik*'. Jurnal Forum Teknologi, Vol. 04, No. 2, p. 64.
- Puti Renosori, Suwanda, "*Memasyarakatkan Konservasi Air Melalui Penyuluhan Dan Pembuatan Lubang Biopori (Lbr)*" (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat): 75-81 75
- Safitri, R., Purisari, R., & Mashudi, M. (2019). "*Pembuatan Biopori dan Sumur Resapan untuk Mengatasi Kekurangan Air Tanah di Perumahan Villa Mutiara, Tangerang Selatan*" *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 39-47. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.5.1.39-47>
- Sasmita, Y. (2019). Buku Panduan Pembuatan Biopori. Retrieved from <https://docplayer.info/19575908>
- Setyaningsih, I., & Endriastuti, Y. (2020). "*Sosialisasi Penggunaan Lubang Biopori Dalam Rangka Mengurangi Banjir Di SMP Negeri 3 Cikarang Timur*". *Jurnal Komunitas : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1). <https://doi.org/10.31334/jks.v1i1.883>
- Suleman, A. R., Bustan, B., Erdiansa, A., Jurusan, D., Sipil, T., Negeri, P. and Pandang, U. (2018) '*Pembuatan Lubang Resapan Biopori Sebagai Resapan Banjir Pada Daerah Genangan Di Kelurahan Buntusu Kota Makassar*'. *Prosiding Seminar Hasil Pengabdian (SNP2M)*, Vol. 2018, No. 2016, pp. 169-174.
- Wiwik Kusumawati dan Fitri Arofiati "*Biopori: Alternatif Pencegahan Banjir Melalui Pemberdayaan Masyarakat Pondok Pesantren*" *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat* DOI:[10.18196/ppm.32.222](https://doi.org/10.18196/ppm.32.222)
- Zainal Arifin, Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana, Rendy Adhi Rachmanto, Suyitno, Singgih Dwi Prasetyo, Syamsul hadi "*Penerapan Teknologi Biopori untuk Meningkatkan Ketersediaan Air Tanah serta Mengurangi Sampah Organik di Desa Puron Sukoharjo*" *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*