

# Upaya Kontribusi Melalui Keterlibatan Pengabdian Mahasiswa dalam Proses Pekerjaan *Shotcrete* Lereng *Tunnel* /Terowongan Samarinda

<sup>1)</sup>Dheka Shara Pratiwi\*, <sup>2)</sup>Muhammad Haekal, <sup>3)</sup>Fitriyati Agustina, <sup>4)</sup>Muhammad Noor Asnan, <sup>5)</sup>Pulung Priyo Pamungkas

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, Indonesia

<sup>4)</sup>PT. Ciriayasa Cipta Mandiri, E.C, Samarinda, Indonesia

<sup>5)</sup>Progam Magister Terapan Rekayasa Perawatan Restorasi Jembatan Polnes Samarinda

## INFORMASI ARTIKEL

## ABSTRAK

### Kata Kunci:

Shotcrete  
Metode Pelaksanaan  
Kolaborasi Industri  
Stabilisasi Lereng  
Pengendalian Mutu

Kegiatan pengabdian masyarakat ini melibatkan mahasiswa dan dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT) yang bekerja sama dengan PT Ciriayasa CM pada proyek terowongan di Samarinda selama dua bulan. Tujuan dari program ini adalah memberikan pengalaman praktis bagi mahasiswa dalam penerapan metode *shotcrete* pada lereng terowongan untuk stabilisasi lereng curam. Metode yang digunakan adalah observasi partisipatif, di mana mahasiswa terlibat langsung dalam proses konstruksi sambil mengamati dan menganalisis kondisi lapangan. Selain itu, analisis kualitas beton *shotcrete* dilakukan di Laboratorium UMKT untuk memastikan bahwa beton memenuhi standar kekuatan dan ketebalan yang disyaratkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton *shotcrete* yang diterapkan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, mendukung ketahanan lereng, dan meningkatkan keterampilan teknis serta pemahaman mahasiswa tentang praktik konstruksi yang aman dan efektif. Program ini berhasil mengintegrasikan teori dan praktik lapangan, memberikan kontribusi pada pengembangan mahasiswa sebagai profesional yang siap menghadapi tantangan di bidang teknik sipil.

## ABSTRACT

### Keywords:

Shotcrete  
Implementation Method  
Industry Collaboration  
Slope Stabilization  
Quality Control

This community service program involved students and faculty from the Civil Engineering Department of Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT) in collaboration with PT Ciriayasa CM on a tunnel project in Samarinda over a two-month period. The primary aim of this program was to provide practical experience for students in the application of shotcrete methods for slope stabilization in tunnel projects. The methodology employed was participatory observation, where students actively engaged in the construction process while observing and analyzing field conditions. Additionally, the quality of the shotcrete concrete was analyzed at the UMKT Laboratory to ensure it met the required strength and thickness standards. The results showed that the applied shotcrete concrete met the necessary specifications, contributing to slope stability and enhancing students' technical skills and understanding of safe and effective construction practices. This program successfully integrated academic theory with field practice, contributing to the development of students as professionals equipped to address challenges in civil engineering.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



## I. PENDAHULUAN

Dalam dunia teknik sipil, keterlibatan mahasiswa dalam proyek konstruksi melalui program pengabdian masyarakat telah menjadi metode strategis untuk mengembangkan keterampilan praktis mahasiswa, sekaligus memberikan dampak langsung pada infrastruktur masyarakat (Anakok et al., 2023; Nesbit et al., 2012). Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa berpartisipasi dalam penerapan metode konstruksi dan manajemen proyek, sekaligus berkontribusi pada peningkatan keselamatan dalam proyek infrastruktur di lapangan.

Melalui partisipasi ini, mahasiswa tidak hanya memperoleh pemahaman teknis tetapi juga kemampuan dalam mengatasi permasalahan nyata di lapangan, terutama di lokasi proyek dengan tantangan geologis yang tinggi seperti terowongan dan lereng.

Kondisi topografi di Samarinda menghadirkan risiko longsor dan pergerakan tanah yang tinggi, terutama di area proyek terowongan. Sebagai wilayah dengan lereng curam dan tanah tidak stabil, metode *shotcrete* telah dipilih sebagai pendekatan perkuatan efektif untuk memastikan stabilitas lereng. *Shotcrete*, yang merupakan teknik penyemprotan beton bertekanan, mampu memberikan daya rekat tinggi pada permukaan dan dapat diaplikasikan pada berbagai jenis batuan, menjadikannya solusi ideal untuk proyek yang berada di area geografis menantang (Fatoni et al., 2023; Sjölander et al., 2023; Zhang & Morgan, 2021). Selain itu, teknologi ini memungkinkan beton mengering cepat dan ditingkatkan dengan campuran tambahan guna memenuhi persyaratan stabilitas dan keselamatan proyek yang ketat (Andika et al., 2015; A. Tanjung et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah mengkaji berbagai aspek teknis penerapan *shotcrete*, termasuk kualitas material, efektivitas metode, dan strategi kesehatan serta keselamatan kerja (K3L). Li et al. (2023) menyoroti bahwa kombinasi *shotcrete* dengan baja penyangga secara signifikan meningkatkan stabilitas lereng dan struktur bawah tanah pada lokasi dengan risiko tinggi. (Pangkey et al., 2012; Pratama, 2022; Wijayanto et al., 2024) menekankan pentingnya implementasi sistem K3L untuk memastikan proses penerapan *shotcrete* berjalan aman dan efisien. Sementara itu, (Direktorat Jendral Bina Marga, 2022; Saharani, 2020) menggarisbawahi pentingnya pemantauan mutu, seperti ketebalan lapisan beton, waktu pengeringan, dan komposisi material, dalam mencegah kegagalan teknis. Namun, sebagian besar kajian ini tidak memberikan perhatian pada bagaimana mahasiswa, melalui program pengabdian masyarakat, dapat dilibatkan sebagai bagian dari tim pengawasan yang mendukung penerapan metode ini di bawah bimbingan pembimbing lapangan.

Kesenjangan ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih komprehensif untuk mengintegrasikan keterlibatan mahasiswa dalam pengawasan pelaksanaan *shotcrete* pada proyek infrastruktur berisiko tinggi. Dengan bimbingan yang tepat, mahasiswa dapat berkontribusi dalam memantau dan mendukung proses pengendalian mutu serta penerapan sistem keselamatan kerja, khususnya pada proyek-proyek dengan risiko geologis tinggi, seperti lereng dan terowongan di Samarinda.

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam pengabdian ini adalah bagaimana mahasiswa dapat berperan dalam menjamin kualitas dan keselamatan pelaksanaan *shotcrete* pada lereng proyek terowongan Samarinda. Adapun hipotesis yang diajukan adalah bahwa keterlibatan mahasiswa dalam program pengabdian masyarakat ini dapat memperkuat kemampuan teknis mereka serta berkontribusi terhadap keberhasilan dalam pengendalian mutu pekerjaan *shotcrete*.

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengkaji peran mahasiswa dalam pelaksanaan *shotcrete* pada lereng terowongan, dengan fokus pada kontribusi mereka dalam pengendalian mutu dan penerapan keselamatan kerja. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran manfaat nyata dari pengabdian masyarakat dalam pengembangan keterampilan mahasiswa di bidang teknik sipil serta mendorong keberhasilan proyek konstruksi infrastruktur.

## II. MASALAH

Proyek penguatan lereng terowongan di Samarinda menghadapi tantangan besar akibat topografi curam dan kondisi tanah yang rentan longsor, sehingga membutuhkan metode *shotcrete* dengan pengendalian mutu yang ketat. Mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan ini juga menghadapi kesulitan dalam memahami dan menerapkan teknik *shotcrete* sesuai standar keselamatan dan kualitas yang dibutuhkan. Kondisi ini menuntut bimbingan yang kuat dan pelatihan teknis agar mahasiswa dapat berkontribusi secara efektif dan aman di lingkungan konstruksi yang penuh risiko. Lokasi proyek pembangunan terowongan Jl. Alimuddin-Kakap terletak di dua wilayah, yaitu di sisi inlet di Jl. Sultan Alimuddin, Kelurahan Sambutan, Kecamatan Sambutan, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, dan di sisi outlet di Jl. Kakap, Kelurahan Sungai Dama, Kecamatan Samarinda Ilir, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Lokasi lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Proyek *Tunnel*/Terowongan Samarinda

### III. METODE

Kegiatan ini dilaksanakan mulai dari 3 Juni sampai dengan 30 Agustus 2024 dengan total 60 hari kerja (Senin sampai dengan Jumat) yang melibatkan Mahasiswa dan PT. Ciriajasa CM sebagai pembimbing di lapangan. Metode yang digunakan dalam pengabdian ini adalah metode observasi partisipatif, yaitu metode di mana pengamat turut terlibat secara langsung dalam kegiatan yang sedang diamati. Dalam konteks pengabdian masyarakat ini, observasi partisipatif melibatkan pengamatan langsung yang dilakukan oleh mahasiswa atau peserta di lapangan sambil aktif berpartisipasi dalam proses konstruksi, seperti penerapan metode *shotcrete* pada lereng. Metode ini memungkinkan peserta untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang teknik-teknik yang diterapkan, sambil turut serta dalam proses pengambilan data dan pengendalian mutu yang berlangsung di lapangan (Azizah & Ilyas, 2023; Dwitarsari et al., 2020). Untuk mendukung akurasi data, berbagai bahan dan alat digunakan selama kegiatan, seperti: meteran untuk kegiatan pengukuran; dokumentasi visual; lembar observasi untuk merekam komposisi material *shotcrete*, dan pengendalian mutu; dan APD lengkap. Adapun tahapan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Kegiatan Pengabdian di Proyek *Tunnel*/Terowongan Samarinda

1. **Penyerahan Mahasiswa:** Tahap awal ini melibatkan penyerahan mahasiswa kepada PT Ciriajasa CM sebagai konsultan pada Proyek Pembangunan Terowongan Jl. Sultan Alimuddin-Kakap, Kota Samarinda. Kegiatan ini bertujuan untuk memperkenalkan mahasiswa pada lingkungan kerja serta struktur organisasi proyek, berlangsung selama satu hari.
2. **Orientasi dan Pengenalan Proyek:** Pada tahap ini, mahasiswa diperkenalkan pada lokasi proyek dan diberi pemahaman oleh pembimbing lapangan mengenai proses pelaksanaan metode *shotcrete* pada lereng, mencakup teori dasar dan peran *shotcrete* dalam stabilisasi lereng. Kegiatan orientasi ini berlangsung dari hari ke-2 hingga hari ke-7, dan dokumentasinya dapat dilihat pada Gambar 3.
3. **Pelaksanaan Metode Shotcrete:** Mahasiswa mulai terlibat langsung dalam proses penerapan *shotcrete*, mempelajari prosedur penyemprotan beton, persiapan peralatan, dan persyaratan teknis untuk stabilisasi lereng. Tahapan ini dilakukan dari hari ke-8 hingga hari ke-30.
4. **Pengendalian Mutu dan K3L (Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan):** Pada tahap ini, mahasiswa berperan dalam pengendalian mutu, seperti mengukur ketebalan lapisan *shotcrete* dan mengawasi komposisi material. Mahasiswa juga mempelajari penerapan standar K3L untuk menjamin keselamatan kerja selama konstruksi. Tahap ini berlangsung dari hari ke-31 hingga hari ke-45.
5. **Monitoring oleh Dosen Pembimbing:** Dosen pembimbing melakukan monitoring secara berkala untuk mengevaluasi perkembangan keterampilan mahasiswa, memverifikasi pencapaian tujuan pembelajaran,

dan memberikan arahan teknis tambahan jika diperlukan. Monitoring berlangsung dari hari ke-46 hingga hari ke-59.

6. **Penarikan Mahasiswa:** Tahap akhir melibatkan penarikan mahasiswa setelah menyelesaikan tugas di hari ke-60. Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap keterampilan dan pengetahuan yang diperoleh selama program pengabdian.



Gambar 3. Tahapan Kegiatan Pengabdian di Proyek Tunnel/Terowongan Samarinda

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab ini, akan dibahas tentang kontribusi mahasiswa melalui keterlibatan aktif dalam proses pekerjaan *shotcrete* pada lereng *tunnel/terowongan* di Samarinda. Partisipasi mahasiswa dalam program pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman teknis sekaligus keterampilan praktis mereka di bidang konstruksi, khususnya dalam penerapan metode *shotcrete* sebagai solusi stabilisasi lereng. Tahapan pekerjaan *shotcrete* yang mencakup persiapan permukaan, pengaturan campuran material, teknik penyemprotan, hingga pengendalian mutu dan penerapan standar keselamatan, menjadi fokus utama dalam analisis ini.

Plan *Shotcrete* lereng pada proyek ini yaitu ada di *inlet* dan *outlet* yang di mana di *inlet* terdapat 9 *trap* dan *outlet* 12 *trap*, berikut adalah contoh *plan shotcrete* lereng yang terdapat pada *inlet* dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Plan Shotcrete Inlet

1. Pekerjaan persiapan
  - a. Survei lapangan, Survei lapangan sangat penting untuk mengidentifikasi potensi kendala yang dapat memengaruhi pelaksanaan proyek baik secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu alat yang digunakan adalah total station, yaitu perangkat ukur elektronik yang akurat untuk mengukur sudut horizontal, vertikal, dan jarak. Dalam pekerjaan lereng, total station berfungsi untuk melakukan stake out lereng secara presisi.
  - b. Mobilisasi, lingkup kegiatan mobilisasi yang diperlukan dalam pekerjaan ini berdasarkan pada lokasi dan kondisi lapangan, juga memperhatikan jenis dan volume pekerjaan yang akan dilaksanakan, sebagaimana disyaratkan di bagian-bagian lain dari dokumen kontrak, dan secara umum harus memenuhi ketentuan sebagaimana disebutkan sebelumnya. Adapun jenis alat berat yang dimobilisasi

saat pekerjaan lereng adalah *excavator bucket* (1), *excavator breaker* (1), dan *dump truck* (9). *Excavator bucket* dan *excavator breaker* (lihat Gambar 5) memiliki fungsi khusus dalam pekerjaan galian lereng. *Excavator bucket* dilengkapi dengan lengan (arm), bahu (boom), dan alat keruk (*bucket*) yang digerakkan oleh tenaga hidrolis dari mesin diesel pada roda rantai. Alat ini sangat serba guna, terutama untuk menggali dan mengangkut hasil galian di lereng. Di sisi lain, *excavator breaker* menggunakan *attachment* berupa palu hidrolis (*hydraulic hammer*) yang dirancang untuk memecah material keras seperti batu atau lapisan tanah padat yang tidak dapat digali dengan *bucket* biasa, membuatnya esensial pada galian dengan kondisi tanah keras atau berbatu.



Gambar 5. *Excavator Bucket Kobelco SK200(a)* dan *Excavator Breaker Kobelco SK 200(b)*

## 2. Pekerjaan galian

- a. Penentuan titik - titik (*Stake Out*) pada lereng adalah langkah krusial dalam konstruksi untuk memastikan bahwa pekerjaan dilakukan sesuai dengan gambar kerja (*shop drawing*) dan spesifikasi yang telah ditetapkan.
- b. Galian lereng (lihat Gambar 6) adalah proses penggalian tanah, batu, atau material lainnya pada lereng untuk membentuk trap sesuai gambar kerja. Proses ini menggunakan alat berat seperti excavator Komatsu PC 200, yang mampu menggali hingga 60–100 m<sup>3</sup> per hari dalam kondisi tanpa hambatan. Jika ditemukan lapisan batuan keras yang tidak dapat digali dengan *bucket excavator* biasa, digunakan *excavator breaker* sebagai alternatif.



Gambar 6. Galian Lereng

- c. Pembuangan Material Galian, Pengangkutan material hasil galian pada lereng menjadi tahap penting dalam pekerjaan konstruksi, terutama di area berbukit atau bergunung. Material yang digali, seperti tanah dan batu, dipindahkan ke lokasi pembuangan menggunakan 9 *dump truck* (DT), masing-masing berkapasitas 3–4 m<sup>3</sup>. Dengan demikian, kapasitas pembuangan harian dapat mencapai 60–100 m<sup>3</sup>.
- d. Setelah titik-titik ditentukan pada proses *stake out*, lereng diatur atau disetel berdasarkan data tersebut untuk memastikan ketinggian setiap trap lereng sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan.

### 3. *Erection wiremesh*

- a. Instalasi *Wiremesh*, Proses pemasangan *wiremesh* adalah penempatan jaring kawat baja pada struktur atau permukaan untuk memperkuat dan menstabilkan area tersebut. *Wiremesh* biasanya terbuat dari kawat baja yang dianyam atau dilas menjadi lembaran dengan ukuran tertentu. Setiap sambungan *wiremesh* diikat menggunakan bendrat, dengan tipe M7 dan overlapping 30 cm atau dengan menimpa sambungan sebanyak dua kotak.
- b. Pemasangan Beton *Decking*, Beton *decking* adalah elemen berbentuk tabung kecil yang dipasang di belakang *wiremesh* untuk menjaga ketebalan beton. Beton *decking* yang digunakan memiliki tinggi 5 cm.
- c. Pemasangan *Rockpin*, *Rockpin* pada *wiremesh* lereng adalah elemen pengikat yang digunakan untuk mengamankan dan menstabilkan *wiremesh* pada lereng berbatu. Tujuan utamanya adalah memastikan *wiremesh* tetap pada posisinya dan efektif dalam memperkuat lereng, mencegah longsor atau erosi, dan memastikan ketebalan beton. Kedalaman pemasangan *rockpin* adalah 10 cm dari permukaan tanah.
- d. Pemasangan Pipa *PVC*, Pipa *PVC* berfungsi sebagai komponen sistem drainase untuk mengalirkan air dari area tertentu, mencegah genangan dan kerusakan pada struktur. Pipa *PVC* yang digunakan memiliki diameter 2 inci dan panjang 40 cm.
- e. Hasil Pemasangan *Wiremesh*, *Wiremesh* yang terpasang dengan baik (lihat Gambar 7) memberikan kekuatan tambahan pada beton, membantu mencegah retak dan deformasi pada struktur, serta memastikan daya tahan yang lebih lama.
- f. *Checklist* Pemasangan *Wiremesh*, *Checklist* ini digunakan untuk memastikan semua langkah dan prosedur pemasangan *wiremesh* pada proyek konstruksi diikuti dengan benar dan sesuai standar. Adapun parameter yang diperiksa diantaranya adalah besi ditek sesuai spesifikasi teknis, kondisi *wiremesh* tidak korosi, susunan dan spesi pemasangan besi sesuai *shop drawing*, ikatan besi kuat/kokoh dan merata, *wiremesh* M7, beton *decking* (fc 20) tebal 5cm, *PVC* berdiameter 2 inch + Geotek *non-woven* dan diikat, *Rockpin* panjang 10 cm dari permukaan, *Overlapping* *wiremesh* 40D, dan kebersihan lokasi kerja. Rata-rata hasil *checklist* pemasangan *wiremesh* menunjukkan 90% kepatuhan terhadap standar desain. Hampir semua komponen memenuhi spesifikasi teknis yang disyaratkan.



Gambar 7. Hasil Pemasangan *Wiremesh*

### 4. Pekerjaan *dry shotcrete* lereng

Proses pembuatan rancangan campuran di laboratorium yang menghasilkan rumus campuran, dikenal dengan nama *JMF* atau *Job Mix Formula*. *JMF* ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya dan biasanya pembuatan *Job Design Formula* tersebut sebagai bentuk dari acuan dasar untuk standar pencampuran pembuatan beton di lapangan. Komposisi beton *Shotcrete* lereng fc' 20 sebagai berikut:

Semen : 50 kg (1 sak)  
Pasir : 6 ember  
Screening : 3 ember

- a. Persiapan alat dan bahan, bahan *dry shotcrete* lereng di antaranya, *screening*/agregat kecil (1), semen (2), air (3) dan pasir palu (4). Alat yang di gunakan mesin aliva, selang *nozzle*, dan kompresor.
- b. Mengaplikasikan *dry shotcrete* lereng, adapun metode pelaksanaan *dry shotcrete* lereng adalah sebagai berikut:
  - 1) Mencampurkan material seperti semen, *screening* dan pasir sesuai dengan *mix design* ke dalam molen dengan kapasitas molen yang di pakai di lapangan 425L.
  - 2) Setelah di campurkan kemudian material di tuang untuk kemudian di masukan ke mesin aliva.
  - 3) *Shotcrete lereng* dengan menggunakan mesin aliva kemudian di salurkan lewat selang *nozzle* dengan tekanan dari selang adalah 5-6 Bar
- c. Pengambilan dan Pembuatan sampel beton, Pengambilan dan pengujian sampel beton merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa beton yang digunakan dalam konstruksi memenuhi spesifikasi dan standar kualitas yang diperlukan.
  - 1) Pembuatan Sampel Beton, Sampel beton dibuat dalam bentuk silinder berukuran 15 x 30 cm, dengan tiga sampel dibuat setiap kali pembuatan untuk memastikan konsistensi hasil uji.
  - 2) Pengujian Sampel Beton, Pengujian kekuatan sampel beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari untuk menilai perkembangan kekuatan material seiring waktu. Salah satu lokasi pengujian material campuran beton dilakukan di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi (FST) UMKT. Berdasarkan hasil pengujian, kekuatan beton yang dihasilkan sudah memenuhi ( $f_c' 20$  MPa) dan bahkan melampaui standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, yang menunjukkan bahwa kualitas beton sesuai dengan persyaratan proyek. Data hasil uji sampel beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sampel Beton

No	Tanggal Pembuatan	Umur	Mutu	Berat Sampel (kg)	Tegangan Tekan (KN)	MPa	Keterangan
1	16/07/2024	28	fc' 20	12,04	543,7	30,73	outlet
2	16/07/2024	28	fc' 20	12,06	460	20,37	outlet
3	16/07/2024	28	fc' 20	12,02	495,3	28,01	outlet
4	16/07/2024	28	fc' 20	11,9	546,5	30,9	inlet
5	16/07/2024	28	fc' 20	11,98	561,9	31,75	inlet
6	16/07/2024	28	fc' 20	11,74	537,1	30,39	inlet
7	06/08/2024	7	fc' 20	12,12	585,7	50,93	outlet
8	07/08/2024	7	fc' 20	12,2	530,5	46,14	outlet
9	08/08/2024	7	fc' 20	12,36	545,5	47,45	outlet

## 5. Analisis data Tambahan

Dampak Terhadap Stabilitas Lereng, pengamatan visual dan data teknis menunjukkan tidak adanya retakan atau deformasi pada permukaan lereng setelah 1 bulan pasca-implementasi.

Kontribusi Mahasiswa, dari wawancara dan evaluasi *checklist*, mahasiswa berhasil memahami dan mengaplikasikan metode dengan tingkat keberhasilan tugas sebesar 89,5%, berdasarkan indikator kinerja.

## V. KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat ini berhasil memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam penerapan metode shotcrete untuk stabilisasi lereng pada proyek terowongan di Samarinda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton *shotcrete* memenuhi standar kekuatan ( $> f_c' 20$  MPa) dan ketebalan (5cm) yang disyaratkan, membuktikan efektivitas metode ini dalam menciptakan lereng yang stabil dan tahan lama. Selain itu, mahasiswa memperoleh wawasan teknis, keterampilan pengawasan, dan pemahaman K3L, yang relevan untuk pengembangan profesional di bidang teknik sipil. Program ini menunjukkan keberhasilan dalam mengintegrasikan pembelajaran akademis dengan praktik lapangan, sekaligus memenuhi kebutuhan proyek konstruksi yang berkualitas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anakok, I., Huerta, M., & Katz, A. (2023). *Exploring the Impact of Engineering Projects in Community Service on Students' Perspectives About Engineering as a Major*. 2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10342965>
- Andika, C., Hosang, J., & Boer, aini. (2015). Penanganan Daerah Rawan Longsoran Pada Km 359+600 Lintas Daop 5 Purwokerto Dengan Metode Shotcrete. <https://jurnal.ptdisttd.ac.id/index.php/jpsttd/issue/view/2>
- Azizah, L. H., & Ilyas, I. (2023). Partisipasi Masyarakat Dalam Pengembangan Desa Wisata Berbasis Digital Di Desa Tingkir Lor. 09(03). <https://doi.org/10.37905/aksara.9.3.1681-1696.2023>
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2022). Beton Semprot (Shotcrete) SKh-3.7.18.
- Dwitasari, P., Darmawati, N. O., Noordyanto, N., Sittasya, V. A., Zulranyah, W., Raihanah, D., Aprilia, D., & Karim, A. (2020). Penggunaan Metode Observasi Partisipan untuk Mengidentifikasi Permasalahan Operasional Suroboyo Bus Rute Merr-ITS (Vol. 19, Issue 2).
- Fatoni, M., Nugroho Putro, E., & Agustina, D. H. (2023). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Perkuatan Shotcrete Menggunakan Plaxis (Studi Kasus : Ruas Jalan Tarempa-Rintis Sta 07+800 Kab. Anambas). Sigma Teknik, 6(1), 223–230. <https://repository.ump.ac.id/pandu+cahaya+s>
- Li, Z., Diao, P., Lu, W., & Zhang, Y. (2023). *Performance of Single-Layer Lining Using Shotcrete and Reinforcement Ribs Employed for Supporting Large-Span Tunnel*. Materials, 16(24), 7590. <https://doi.org/10.3390/ma16247590>
- Zhang, L., & Morgan, D. (2021, October). *Advances in Shotcrete Technology for Ground Support in Tunnels and Mines in North America*. Canada Conference in Toronto. [www.shotcrete.org](http://www.shotcrete.org)
- Nesbit, S., Sianchuk, R., Aleksejuniene, J., & Kindiak, R. (2012). *Influencing Student Beliefs About the Role of the Civil Engineer in Society*. International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 6(2). <https://doi.org/10.20429/ijstl.2012.060222>
- Pangkey, F., Malingkas, G. Y., & Walangitan, D. (2012). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Dr. Ir. Soekarno-Manado). In Jurnal Ilmiah Media Engineering (Vol. 2, Issue 2).
- Pratama, Y. A. (2022). Analisa Resiko Kecelakaan Kerja Pembangunan Bendungan Jlantah Kabupaten Karanganyar Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).
- Saharani, G. K. (2020). Analisis Pengaruh Tebal Lining dan Shotcrete Terhadap Deformasi Pada Perkuatan Konstruksi Terowongan Kereta Cepat Jakarta-Bandung [Institut Teknologi Nasional Bandung]. <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/1044>
- Sjölander, A., Ansell, A., & Nordström, E. (2023). *Effective use of fibres of various types and material for shotcrete in rock support for tunnels*. In *Expanding Underground - Knowledge and Passion to Make a Positive Impact on the World* (pp. 932–939). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003348030-112>
- Tanjung, A., Gonzales, R., Seprianti, A., & Izati, R. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Terak Nikel (*Slag*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Shotcrete dan Penanganan Limbah Lumpur Nikel (*Slurry*) untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan. Jurnal Migasian / e-Issn, VI (2), 2580–5258.
- Wijayanto, R., Susila, H., & Handoyo, S. (2024). Evaluasi Kualitas Udara Pada Pekerjaan Terowongan (Studi Kasus K3 Proyek Bendungan Jlantah Karanganyar). In Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur (Vol. 29, Issue 1). Online.