

## **Studi Pengaruh Penambahan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Substitusi Semen terhadap Kuat Tekan Beton**

**Rizky Bagus Septian<sup>1\*</sup>, Sugeng Dwi Hartantyo<sup>2</sup>, Romadhon<sup>3</sup>**  
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Lamongan<sup>1,2,3</sup>

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Beton; Lumpur Lapindo, Kuat Tekan, Limbah

#### **\*Correspondence email:**

rizgus246@gmail.com

**Submitted:** 26-05-2025

**Revised:** 07-07-2025

**Accepted:** 26-07-2025

**Published:** 03-08-2025

### **ABSTRAK**

Seiring dengan meningkatnya penggunaan beton dalam bidang konstruksi, kebutuhan akan bahan penyusun beton juga mengalami peningkatan termasuk diantaranya yaitu semen. Penelitian ini menggunakan lumpur lapindo sebagai bahan substitusi dari semen. Hal tersebut dilakukan karena lumpur lapindo memiliki kandungan yang sama dengan unsur utama dalam pembuatan semen. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan lumpur lapindo sebagai substitusi sebagian dari semen. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dalam perencanaan campuran beton. Jumlah sampel yang dibuat sebanyak 12 benda uji silinder dengan kualitas rencana K-250. Adapun kadar campuran lumpur lapindo yang direncanakan yaitu beton normal atau 0%, 2%, 4% dan 6%. Pengujian dilakukan pada saat umur beton mencapai 28 Hari. Hasil pengujian dengan menggunakan *Compressed Test Machine* diperoleh kuat tekan rata-rata pada beton dengan campuran 0%, 2%, 4% dan 6% secara berturut-turut yaitu sebesar 20,95 MPa, 19,06 MPa, 18,26 MPa dan 17,02 MPa. Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar presentase campuran lumpur lapindo maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin rendah.

---

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Concrete, Lapindo Mud, Compressive Strength, Waste Material

*With the increasing use of concrete in the construction sector, the demand for its constituent materials, particularly cement, has also continued to rise. This study utilizes Lapindo mud as a partial substitute for cement, based on the fact that Lapindo mud contains chemical compounds similar to the main components found in cement. The objective of this research is to determine the effect of using Lapindo mud as a partial cement replacement in concrete. The study was conducted using an experimental method and referred to the Indonesian National Standard (SNI) 03-2834-2000 for concrete mix design. A total of 12 cylindrical specimens were prepared with a target compressive strength of 250 kg/cm<sup>2</sup> (K-250). The planned Lapindo mud replacement levels were 0% (normal concrete), 2%, 4%, and 6% of the cement content. Compressive strength tests were performed at 28 days of curing using a Compressed Test Machine. The average compressive strengths obtained for concrete mixes with 0%, 2%, 4%, and 6% Lapindo mud were 20.95 MPa, 19.06 MPa, 18.26 MPa, and 17.02 MPa, respectively. Based on the results, it can be concluded that an increase in the percentage of Lapindo mud in the mix leads to a decrease in the compressive strength of concrete.*

---

### **PENDAHULUAN**

Hampir setiap jenis bangunan memanfaatkan beton dalam elemen strukturnya. Penyebabnya adalah karena beton memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan material lainnya, seperti kemudahan dalam proses pembentukan, harga yang cukup terjangkau, serta perawatan yang simpel (Zuraidah et al., 2022). Beton adalah produk hasil kombinasi antara bahan-bahan agregat kasar dan halus, seperti pasir, batu, atau material sejenis lainnya. Proses ini melibatkan penambahan semen dalam jumlah yang cukup, berperan sebagai pengikat untuk komponen penyusun beton, serta menambahkan air sebagai elemen pendukung untuk proses reaksi kimia saat pengeringan dan pemeliharaan beton dilakukan (Sudirman Letjemma, 2020). Oleh karena itu, kualitas beton sangat bergantung pada setiap material pembentuknya (Suhendra, 2021). Kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh berbagai elemen, termasuk rasio material yang digunakan, teknik desain, perawatan campuran beton, dan kondisi saat proses pengecoran dilakukan (Amelia et al., 2021). Setiap material penyusun tersebut memiliki fungsi masing-masing diantaranya yaitu semen sebagai bahan pengikat, agregat sebagai pengisi dan air yang berperan dalam proses pengikatan campuran beton (Hamdi et al., 2022). Menurut Haris (2021) dalam (Sopa N.R et al., 2023), penambahan bahan tambahan atau biasa disebut dengan admixture dimaksudkan untuk memperbaiki sifat beton atau bahkan untuk meningkatkan mutu beton. Seiring dengan meningkatnya penggunaan beton dalam konstruksi, kebutuhan akan material penyusunnya juga semakin meningkat

termasuk diantaranya semen. Peningkatan pemakaian semen sebagai material pengikat dalam pembangunan berpengaruh langsung terhadap peningkatan output industri semen, yang pada akhirnya berkontribusi pada emisi gas CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang signifikan serta mempercepat dampak negatif terhadap lingkungan akibat kegiatan ekstraksi bahan baku semen (Dafa Wardana et al., 2025). Sehingga, diperlukan inovasi untuk mengurangi penggunaan dari semen agar lebih ramah lingkungan. Terlebih dengan kondisi harga semen yang relatif tinggi. Dengan harapan pada percobaan yang dilakukan akan menghasilkan mutu beton yang baik dengan *cost* yang lebih ekonomis.

Pemanfaatan limbah dapat dijadikan sebagai opsi alternatif dalam upaya meminimalisir penggunaan semen, terutama untuk limbah yang sampai dengan saat ini masih belum dimanfaatkan. Salah satu diantaranya yaitu Lumpur Lapindo yang terdapat dalam jumlah yang sangat besar. Menurut Novenanto, Lumpur Lapindo merupakan material yang muncul sebagai akibat dari Hidrogen Sulfida yang mengalami kebocoran dari pipa gas di sumur eksplorasi minyak dari Perusahaan Lapindo Brantas Inc (Mahatmi, 2023). Peristiwa semburan lumpur lapindo muncul secara terus-menerus mulai tanggal 26 Mei 2006 sampai sekarang sehingga volume lumpur yang dihasilkan sangat besar (Mey Intakhiya et al., 2021). Tercatat bahwa semburan lumpur panas tersebut, memiliki debit mencapai 5.000-50.000 m<sup>3</sup>/hari (Setyo Nugroho et al., 2022). Sehingga membutuhkan tampungan dengan fasilitas yang sangat besar agar dapat memfasilitasi volume yang dihasilkan. Jumlah yang sangat besar tersebut perlu untuk dilakukan pemanfaatan agar material dapat berguna dan untuk mengurangi kapasitas yang ditampung oleh penampungan. Karena dapat diketahui bahwa bencana ini telah melebar dengan area yang luas. Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi dalam (Dwi Kurniawan, 2017). Lumpur Lapindo disebut sebagai pozzolan yang cukup reaktif dengan sifat asam yang memiliki banyak kandungan seperti SiO<sub>2</sub> sebanyak 51,49% dan senyawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 25,25% yang merupakan unsur utama dalam pembuatan semen. Hal tersebut, menunjukkan bahwa Lumpur Lapindo memenuhi kriteria untuk meminimalisir atau menggantikan semen. Namun penggunaannya harus tepat dengan tetap memperhatikan mutu dari beton. Klasifikasi dari mutu beton terdapat 3 yaitu beton mutu rendah dengan kuat tekan dibawah 20 Mpa, beton mutu sedang dengan kuat tekan antara 20 Mpa sampai dengan 40 Mpa dan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih dari 40 Mpa. (Tampubolon, 2022)

Merujuk pada penelitian, (Dwi Kurniawan, 2017) menyatakan dalam hasil penelitiannya bahwa substitusi Lumpur Lapindo terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan porositas pada kadar tambahan 2% dan 4%. Sedangkan pada penambahan 6%, 8% dan 10% diperoleh hasil yang berbanding terbalik, dimana terjadi penurunan kuat tekan dan peningkatan porositas dari beton. Kadar optimal yang dicapai pada penelitian ini yaitu pada penambahan 4% dengan kuat tekan yang diperoleh sebesar 19,57 N/mm<sup>2</sup> (Dwi Kurniawan, 2017). Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Wulandari dkk yang menggunakan Lumpur Lapindo sebagai bahan substitusi pasir. Kadar substitusi yang diterapkan pada penelitian ini yaitu 0%, 5%, 15% dan 25%. Hasil secara statistik menunjukkan bahwa Lumpur Lapindo berpengaruh secara signifikan dengan tingkat pengaruh yang cukup tinggi terhadap kuat tekan beton. Hasil dari kuat tekan diantaranya 347,15 kg/cm<sup>2</sup> pada beton tanpa campuran, 297,85kg/cm<sup>2</sup> pada campuran 5%, 209,68kg/cm<sup>2</sup> pada campuran 15% dan 145,04kg/cm<sup>2</sup> pada campuran 25%. Dengan Kesimpulan bahwa kadar optimal dari penambahan berada pada campuran Lumpur Lapindo sebesar 5% (Wulandari et al., 2022). Dari kedua penelitian tersebut, diketahui bahwa hasil yang diperoleh hasil yang cukup positif dari penambahan Lumpur Lapindo. Namun, penelitian lanjutan tetap perlu dilakukan dengan harapan dapat memvalidasi penelitian yang sudah ada ataupun untuk meninjau apakah inovasi tersebut dapat dilakukan diseluruh wilayah dengan material local pada masing-masing wilayah tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan studi pengaruh penambahan Lumpur Lapindo sebagai bahan substitusi semen. Adapun kadar penambahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu 2%, 4% dan 6%. Penelitian ini dilakukam di Laboratorium Universitas Islam Lamongan dengan material agregat yang juga diperoleh dari Lamongan dengan peninjauan beton akan dilakukan dengan uji kuat tekan. Tujuan dari penelitian ini yaitu meninjau potensi dari Lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti semen dengan harapan bahwa Lumpur Lapindo dapat mengurangi penggunaan dari semen dalam pembuatan beton di bidang konstruksi.

## METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Progam Studi Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan, dengan pendekatan metode eksperimen. Penelitian dilakukan dengan menambahkan Lumpur Lapindo dari Kabupaten Sidoarjo sebagai substitusi semen. Adapun kadar penambahan dari Lumpur Lapindo yang ditetapkan yaitu sejumlah 2%, 4% dan 6% Sampel yang digunakan sejumlah total 12 beton silinder dengan rincian meliputi 3 slinder beton tanpa campuran Lumpur Lapindo, dan 9 diantaranya menggunakan campuran lumpur Lapindo dengan perbedaan variasi kadar tambahan pada setiap 3 silinder beton. Pengujian beton dilakukan saat umur 28 hari dengan alat *compression testing machine*. Merujuk pada (Hartantyo & Al-hasan, 2020) dan (Hepiyanto & Arif, 2019) dengan beberapa pedoman yang digunakan pada penelitian tersebut. Maka disusun tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Penyediaan bahan meliputi Semen Portland, air, agregat halus, agregat kasar dan lumpur Lapindo (bahan tambah)
2. Pengujian semen diantaranya meliputi:
  - a. Uji konsistensi normal semen

- b. Pengujian waktu pengikatan semen
- c. Uji Berat semen
3. Pengujian agregat halus (pasir) meliputi:
  - a. Uji kelembaban agregat halus
  - b. Uji gradasi agregat halus
  - c. Pengujian air resapan agregat halus
  - d. Percobaan berat jenis agregat halus
  - e. Uji berat volume agregat halus
4. Pengujian agregat kasar (batu pecah) meliputi:
  - a. Uji gradasi agregat kasar
  - b. Uji kelembaban agregat kasar
  - c. Percobaan berat jenis agregat kasar
  - d. Pengujian kadar air resapan agregat kasar
  - e. Uji berat volume agregat kasar
5. Pembuatan *job mix formula* yang disesuaikan dengan sampel dari penelitian, juga memperhatikan dari cetakan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji.
6. Pelaksanaan pembuatan beton, uji slump dan pengujian beton segar.
7. Proses perendaman beton dalam kolam atau curing.
8. Pengujian beton dengan menggunakan *Compression Testing Machine* pada umur beton 28 hari.

## HASIL

Proses awal penelitian dilakukan dengan penyelidikan bahan diantaranya yaitu semen, agregat kasar dan halus. Berikut disajikan rekapitulasi hasil pengujian dari bahan yang telah dibandingkan dengan standar pengujian yang digunakan.

**Tabel 1. Pengujian Bahan**

Uraian Pengujian	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
Uji konsistensi normal semen	ASTM C187-86 (26%-29%)	26,8%	Memenuhi
Uji Berat semen	ASTM C 188 - 89 (3,00 - 3,20 t/m <sup>3</sup> )	3,06 t/m <sup>3</sup>	Memenuhi
Uji kelembaban agregat halus	ASTM C 566 -89 (<0,1%)	rata- rata 2,25%	Tidak Memenuhi
Uji gradasi agregat halus	SNI S-04-1989-F (1,5% - 3,8%)	rata-rata sebesar 3,45%	Memenuhi
Pengujian air resapan agregat halus	ASTM C 128 - 93 (1-4%)	rata - rata 2,0%	Memenuhi
Percobaan berat jenis agregat halus	ASTM C 128 - 78 (2,4 -2,7gr/dm <sup>3</sup> )	rata- rata 2,4 gr/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
Uji berat volume agregat halus	ASTM C 188 - 89 (1,6 - 1,9 gr/lit)	Rata-rata 1,6 gr/lit	Memenuhi
Uji gradasi agregat kasar	SNI S-04-1989-F (6-7%)	Rata-rata sebesar 6,64%	Memenuhi
Uji kelembaban agregat kasar	ASTM C 566 - 89 (0 - 3%)	Rata – rata sebesar 1,49%	Memenuhi
Percobaan berat jenis agregat kasar	ASTM C 128-78 (2,4-2,7 gr/dm <sup>3</sup> )	2,67 gr/dm <sup>3</sup>	Memenuhi
Pengujian kadar air resapan agregat kasar	ASTM C 127 - 88 - 93 (1-4%)	Rata-rata sebesar 2,65%	Memenuhi
Uji berat volume agregat kasar	ASTM C 29-91 (1,4 - 1,7 kg/m <sup>3</sup> )	rata- rata 1,45 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan hasil pengujian yang telah disajikan pada tabel 1, hanya pada item pengujian kelembaban agregat halus saja yang tidak memenuhi kriteria sedangkan untuk item lainnya dinyatakan memenuhi kriteria dari pengujian.

**Tabel 2. Komposisi campuran beton benda uji berbentuk silinder**

Komposisi Campuran Beton Berbentuk Silinder	Satuan	Beton	Lumpur Lapindo	Lumpur Lapindo	Lumpur Lapindo
		Normal	2%	4%	6%
Semen	Kg	9,07	8,89	8,71	8,53
Air	L	4,90	4,90	4,90	4,90
Pasir	Kg	17,17	17,17	17,17	17,17
Kerikil	Kg	23,71	23,71	23,71	23,71
Lumpur Lapindo	Kg	0	0,181	0,363	0,544

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pada tabel 2 diperoleh komposisi dari setiap bahan dengan benda uji berbentuk tabung atau silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perencanaan komposisi tersebut dilakukan dengan menggunakan pedoman dari SNI 03 – 2834 – 2000 Komposisi dari bahan tambah Lumpur Lapindo yang diperoleh dengan metode substitusi sesuai dengan kadar yang direncanakan terhadap komposisi dari semen yang sebelumnya didapatkan dari perhitungan.

**Tabel 3. Hasil Uji Slump**

No.	Variasi Beton	Nilai Slump (cm)
1	Normal	10
2	Campuran Limbah Lumpur Lapindo 2%	11
3	Campuran Limbah Lumpur Lapindo 4%	13
4	Campuran Limbah Lumpur Lapindo 6%	14

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui konsistensi dari beton segar. Uji slump dilakukan dengan meninjau penurunan beton dari tinggi cetakan atau dengan metode pengurangan antara tinggi cetakan dengan tinggi beton segar. Pada tabel 3 diketahui bahwa diperoleh Tingkat konsistensi paling tinggi dengan nilai sebesar 10 cm pada beton normal atau tanpa campuran dan beton dengan campuran lumpur Lapindo sebesar 2% menunjukkan hasil yang paling baik. Dari tabel juga dapat dilihat bahwa terjadi pola penurunan hasil uji, dimana setiap penambahan prosentase campuran berpengaruh terhadap hasil dari uji slump.

**Tabel 4. Pengujian Kuat Tekan Beton**

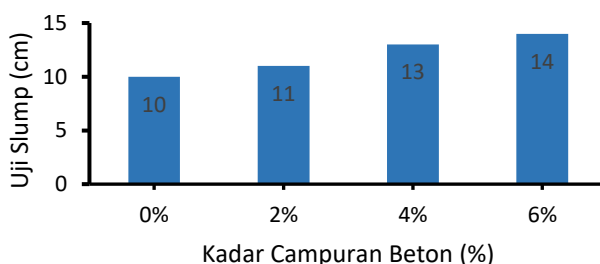
Kode Benda Uji	Luas Penampang (Cm <sup>2</sup> )	Umur (Hari)	BJ Beton (Kg/M <sup>3</sup> )	Tekanan Hancur (Kg)	Tegangan Hancur 28 hari (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Rata - Rata Tegangan Hancur (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Tegangan Hancur 28 hari (Mpa)	Rata - Rata Tegangan Hancur (Mpa)
N I	176,625	28	2464,151	43700,89	298,1		24,74	
N II	176,625	28	2422,642	30615,887	208,84	252,46	17,33	20,95
N III	176,625	28	2430,189	36714,839	250,44		20,79	
2% I	176,625	28	2415,094	33704,807	229,91		19,08	
2% II	176,625	28	2411,321	33123,077	225,94	229,66	18,75	19,06
2% III	176,625	28	2449,057	34177,723	233,14		19,35	
4% I	176,625	28	2366,038	32503,379	221,72		18,4	
4% II	176,625	28	2400,000	33164,302	226,22	220,02	18,78	18,26
4% III	176,625	28	2377,358	31098,27	212,13		17,61	
6% I	176,625	28	2415,094	30642,862	209,03		17,35	
6% II	176,625	28	2373,585	30185,825	205,91	205,12	17,09	17,02
6% III	176,625	28	2403,774	29382,396	200,43		16,64	

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pada tabel 4 dapat diinterpretasikan bahwa pada umur beton 28 hari, kuat tekan beton yang diuji dengan alat *compression testing machine* diperoleh hasil bahwa nilai kuat beton normal mencapai rata-rata 252,46 Kg/Cm<sup>2</sup> atau 20,95 MPa. Sementara itu untuk beton dengan penambahan lumpur Lapindo dengan kadar 2%, 4%, dan 6% menghasilkan rata-rata nilai kuat tekan secara berturut-turut yaitu 229,66 Kg/Cm<sup>2</sup> (19,06 MPa), 220,02 Kg/Cm<sup>2</sup> (18,26 MPa) dan 205,12 Kg/Cm<sup>2</sup> (17,02 MPa). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan lumpur Lapindo sebesar 2% menghasilkan kualitas yang lebih baik dan mendekati beton tanpa campuran dibandingkan dengan penambahan yang lebih besar.

### Pembahasan

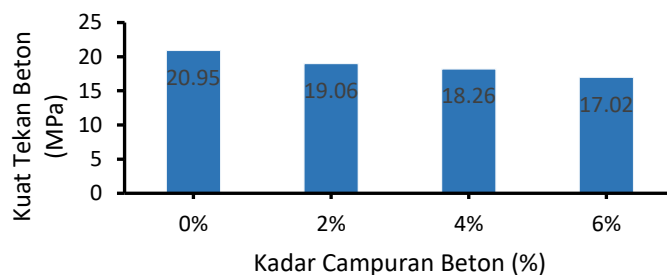
Penelitian dilakukan untuk meninjau pengaruh dari penambahan Limbah lumpur Lapindo terhadap kuat tekan beton. Lumpur yang digunakan berasal dari Kawasan Lapindo Kabupaten Sidoarjo. Kadar campuran lumpur yang ditetapkan dalam eksperimen ini yaitu 2%, 4% dan 6%. Pada pengujian bahan atau material diperoleh hasil bahwa sebagian besar item lolos uji atau memenuhi kriteria dari masing-masing standar pengujian, dimana hanya pengujian kelembaban agregat halus yang kurang dari standar sehingga dinyatakan tidak memenuhi.



**Gambar 1.** Uji Slump Beton Segar

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Pada gambar 1, disajikan angka penurunan dari uji slump yang dapat diuraikan bahwa terjadi pola penurunan yang relatif signifikan pada pengujian slump dari beton segar antara beton normal dengan beton yang telah ditambahkan Lumpur Lapindo. Dimana pada setiap penambahan Lumpur Lapindo, terdapat penurunan konsistensi beton segar mencapai 1-2 cm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa substitusi Lumpur Lapindo terhadap semen berpengaruh pada kualitas beton segar yang dibuktikan dengan Uji Slump.



**Gambar 2.** Kuat tekan beton

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan pada gambar 2 tersebut, dapat diuraikan bahwa terjadi juga pola penurunan hasil kuat tekan beton yang juga berbanding lurus dengan hasil pengujian beton segar dengan uji Slump. Hasil dari kuat tekan beton normal mencapai 20,95 MPa. Sementara pada penambahan atau substitusi lumpur Lapindo sebesar 2% mengalami penurunan dengan hasil kuat tekan sebesar 19,06 MPa. Pada sampel berikutnya yaitu beton dengan tambahan Lumpur Lapindo sejumlah 4%, penurunan Kembali terjadi dengan hasil kuat tekan beton sebesar 18,26 MPa. Untuk sampel dengan tambahan Lumpur Lapindo sebesar 6%, juga menunjukkan adanya penurunan dengan hasil kuat tekan beton yang hanya mencapai 17,02 MPa. Dari pengujian tersebut, dapat dinyatakan bahwa substitusi Lumpur Lapindo terhadap semen hanya dapat menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 19,06 MPa yaitu pada kadar substitusi sejumlah 2%.

## SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil pengujian kuat tekan beton dengan alat *compression testing machine* pada umur beton 28 hari, dinyatakan bahwa substitusi Lumpur lapindo sebesar 2% memperoleh hasil yang paling optimal dengan kuat tekan mencapai rata-rata 19,06 MPa sehingga menunjukkan bahwa dapat digunakan untuk beton dengan mutu sedang dan belum bisa digunakan untuk pembuatan beton dengan mutu sedang ataupun tinggi. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kuat tekan mengalami penurunan pada prosentase campuran Lumpur Lapindo sebesar 4% dan 6% . Penambahan campuran lumpur Lapindo dengan presentase yang lebih besar tidak disarankan terutama jika ingin mencapai mutu beton tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., Suhendra, S., & Amalia, K. R. (2021). Hubungan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 225. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i2.79>
- Dafa Wardana, N., Alex, V., Wicaksono, A., Malik, D., Putra, A., Atha Izdihar, N., Saputra, A. W., Sutanto, R. E., & Nurchasannah, Y. (2025). *PERKEMBANGAN TEKNOLOGI BAHAN MORTAR PADA BETON GEOPOLIMER: TINJAUAN ARTIKEL*.
- Dwi Kurniawan. (2017). *PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH POZZOLAN LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN AGREGAT PUMICE PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN*.
- Hamdi, F., Lopian, F. E. P., Tumpu, M., Irianto, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, a., Sila. A. A., Masdiana, Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). *TEKNOLOGI BETON*. CV. Tohar Media. <https://toharmedia.co.id>
- Hartantyo, S. D., & Al-hasan, S. A. (2020). Pengaruh Limbah Pabrik Gula Molase Sebagai Bahan Tambah (Admixture) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang. *Ukarst*, 4.
- Hepiyanto, R., & Arif, S. (2019). Pengaruh Variasi Penambahan Abu Serbuk Gergaji Kayu Pada Pasta Semen Terhadap Uji Bahan Semen. *Rang Teknik Journal*, 2.
- Mahatmi, M. W. (2023). Penemuan Unsur Tanah Langka Lumpur Lapindo (Analisis Framing Viva.co.id dan Kompas.com) Discovery of Rare Earth Elements in Lapindo Mud (Framing Analysis of Viva.co.id and Kompas.com). *JURNAL SIMBOLIKA Research and Learning in Communication Study*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.31289/simbolika.v9i1.9494>

- Mey Intakhiya, D., Santoso, U. P., & Mutiarin, D. (2021). Strategi Dalam Penanganan Kasus Lumpur Lapindo Pada Masyarakat Terdampak Lumpur Lapindo Porong-Sidoarjo Jawa Timur. *Jurnal MODERAT*, 7(3), 565–585.
- Setyo Nugroho, G., Syafi, M., & Widiono, B. (2022). Studi Literatur Kemampuan Dan Karakterisasi Adsorben Dari Lumpur Lapindo. *DISTILAT*, 8(3), 540–547. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Sopa N.R, Y. M., Nisumanti, S., & Chandra, D. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>
- Sudirman Letjemma, S. T. H. (2020). Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Agregat Kasar Pada Beton Normal. *Siimo Engineering*, 4(1), 29–38.
- Suhendra, W. D. M. W. (2021). Kajian Komposisi Material Pembentuk Beton Hasil Design Mix Formula Terhadap Koefisien Analisa Harga Satuan Pekerjaan-2016 Untuk Berbagai Mutu. In *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)* (Vol. 1, Issue 1).
- Tampubolon, S. P. (2022). *STRUKTUR BETON-1*. UKI Press.
- Wulandari, L. K., Mundra, I. W., & Wijayaningtyas, M. (2022). The Promising Potential Of Sidoarjo Hot Mud As Additional Material For Concrete Lining Production. *International Journal of GEOMATE*, 23(95), 37–44. <https://doi.org/10.21660/2022.95.568>
- Zuraidah, S., Hastono, B., & Jehabut, M. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 5(2), 93–98. <https://doi.org/10.25139/jprs.v5i2.4701>