

## **ANALISIS KUAT TEKAN DAN POLA RETAK MORTAR DENGAN PENGUNAAN TERAK NIKEL SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PASIR**

**Alfina Maysyurah\*, Herlina Arifin, Muhammad Nur Fajar**

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Papua Barat Daya

\*Email: [alfina@um-sorong.ac.id](mailto:alfina@um-sorong.ac.id)

### **Abstrak**

Pemanfaatan limbah industri sebagai material alternatif dalam konstruksi merupakan salah satu solusi mendukung pembangunan berkelanjutan. Terak nikel merupakan hasil samping dari industri peleburan nikel yang memiliki potensi sebagai pengganti pasir dalam mortar. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh bentuk partikel terak nikel terhadap sifat mekanik mortar, khususnya kuat tekan dan pola retak. Rancangan campuran dilakukan dengan mengombinasikan dua jenis bentuk terak nikel, yaitu angular slag (AS) dan spherical slag (SS), dalam tujuh variasi proporsi: 100% Pasir, 70% AS:30% SS, 50% AS:50% SS, 30% AS:70% SS, 100% AS dan 100% SS. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari, sementara pola retak dilakukan secara visual pascapengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bentuk partikel slag memengaruhi kuat tekan dan pola retak secara signifikan. Kombinasi optimum diperoleh pada perbandingan 70AS:30SS, yang memberikan nilai kuat tekan tertinggi dan pola retak yang terkonsentrasi. Dengan demikian, kombinasi bentuk terak nikel berperan penting dalam mempengaruhi performa mortar dan dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kekuatan dan kestabilan struktur.

**Kata kunci:** kuat tekan, mortar, pola retak, terak nikel

### **Abstract**

*The utilization of industrial waste as an alternative construction material is one of the key efforts in supporting sustainable development. Nickel slag, a byproduct of the nickel smelting process, has potential as a substitute for sand in mortar production. This study aims to evaluate the effect of nickel slag particle shape on the mechanical properties of mortar, particularly compressive strength and crack patterns. The mortar mixtures were designed by combining two types of nickel slag particle shapes: **angular slag (AS)** and **spherical slag (SS)**, with five composition ratios: 100% Sand, 70% AS:30% SS, 50% AS:50% SS, 30% AS:70% SS, 100% AS and 100% SS. Compressive strength was tested at 28 days, while crack patterns were observed visually after the compressive test. The results show that variations in slag particle shape significantly influence the compressive strength and crack behavior of mortar. The optimum composition was found in the 70% AS:30% SS mixture, which exhibited the highest compressive strength and a more concentrated crack pattern. Therefore, proper optimization of nickel slag particle shape can enhance mortar performance and contribute to more efficient and sustainable construction materials.*

**Keywords:** compressive strength, crack pattern, mortar, nickel slag

## **1. PENDAHULUAN**

Peningkatan pembangunan infrastruktur dalam beberapa dekade terakhir telah menyebabkan lonjakan kebutuhan terhadap material konstruksi, khususnya pasir sebagai agregat halus dalam pembuatan beton dan mortar (Amalia, 2024). Namun, eksploitasi pasir alam secara intensif menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti erosi tanah, kerusakan ekosistem sungai, dan degradasi kualitas lahan (Ashad, 2022). Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan bangunan yang ramah lingkungan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (Bethary & Intari, 2022).

Salah satu solusi yang kini berkembang adalah pemanfaatan limbah industri sebagai bahan substitusi dalam campuran mortar maupun beton (Rahardjo & Ningsih, 2021). Terak nikel, yaitu limbah padat hasil dari proses peleburan nikel, merupakan salah satu limbah yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam konstruksi karena sifat fisiknya yang keras dan komposisi kimianya yang stabil (Haris & Tahir, 2020). Selain itu, pemanfaatan terak nikel sebagai bahan konstruksi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular, yakni meminimalkan limbah dan mengoptimalkan penggunaan kembali material (Irfansyah, 2021).

Namun demikian, karakteristik fisik terak nikel, terutama bentuk partikelnya, sangat beragam dan berpotensi memengaruhi kinerja mortar. Dua bentuk utama yang umum ditemukan adalah *Angular Slag (AS)*, yang memiliki permukaan tajam dan bersudut, serta *Spherical Slag (SS)*, yang cenderung lebih halus dan

berbentuk bulat (Knop & Peled, 2016). Bentuk partikel agregat diketahui memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik beton, seperti kuat tekan, modulus elastisitas, serta daya tahan terhadap pembebanan dinamis (Nurul, 2022; Yansiku & Duran, 2025). Agregat dengan bentuk tajam dapat menghasilkan ikatan mekanis yang lebih kuat dengan pasta semen, namun dapat menurunkan workability campuran (Maysyurah, 2023). Sebaliknya, agregat berbentuk bulat meningkatkan kelecakan tetapi dapat menurunkan kekuatan tekan (Permatasari, 2021).

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lebih lanjut bagaimana kombinasi antara bentuk partikel AS dan SS dalam berbagai proporsi memengaruhi sifat mekanik mortar, khususnya kuat tekan dan pola retak yang terbentuk. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material konstruksi alternatif yang lebih ramah lingkungan serta mendukung pemanfaatan limbah industri dalam bidang teknik sipil.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Material

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi bentuk partikel terak nikel terhadap kuat tekan dan pola retak mortar. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Semen Portland Tipe I, air bersih, dan terak nikel hasil limbah industri peleburan nikel. Terak nikel yang digunakan diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan bentuk partikelnya, yaitu *Angular Slag* (AS) yang bersifat tajam dan tidak beraturan, serta *Spherical Slag* (SS) yang berbentuk lebih bulat dan halus. Kedua jenis terak ini digunakan sebagai pengganti penuh pasir alam dalam campuran mortar.

Untuk memastikan bahwa bentuk partikel slag memenuhi klasifikasi tersebut, dilakukan karakterisasi bentuk partikel melalui pengamatan mikroskopis menggunakan *stereomicroscope* dengan perbesaran 40 hingga 100 kali. Hasil pengamatan kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk menghitung nilai *sphericity* dan *angularity index*. Partikel AS memiliki nilai *sphericity* rendah ( $<0,6$ ) dengan tepi-tepi yang tajam, sedangkan SS menunjukkan nilai *sphericity* tinggi ( $>0,85$ ) dan bentuk yang cenderung halus dan membulat.

Sifat fisik agregat juga dianalisis, termasuk berat jenis dan daya serap air, menggunakan prosedur dari ASTM C128. Hasilnya menunjukkan bahwa berat jenis terak nikel lebih tinggi dibandingkan pasir alam, dengan nilai berat jenis SSD masing-masing sebesar 3,12 untuk AS dan 3,08 untuk SS, sementara pasir alam memiliki berat jenis 2,65. Daya serap air berada pada kisaran 0,74–0,85% untuk slag, dan 1,20% untuk pasir. Perbedaan berat jenis ini diperhitungkan dalam desain campuran agar volume mortar tetap sebanding dan konsisten di seluruh variasi.

### 2.2. Mix Design

Variasi campuran mortar terdiri dari lima variasi proporsi campuran antara AS dan SS, yaitu 100% Pasir, 70% AS:30% SS, 50% AS:50% SS, 30% AS:70% SS, 100% AS dan 100% SS. Perbandingan bahan dalam campuran mortar mengikuti rasio tetap antara semen dan agregat halus sebesar 1:3, dengan faktor air semen (*water-cement ratio*) sebesar 0,5 untuk seluruh variasi. Seluruh bahan dicampur secara homogen menggunakan mixer laboratorium hingga diperoleh konsistensi yang merata.

Tabel 1. Pencampuran mortar

Mix	Semen (gr)	Air (ml)	Pasir (gr)	AS (gr)	SS (gr)
100% Pasir	500	285	1375	-	-
70% AS:30% SS	500	285	-	412,5	962,5
50% AS:50% SS	500	285	-	687,5	687,5
30% AS:70% SS	500	285	-	962,5	412,5
100% AS	500	285	-	1375	-
100% SS	500	285	-	-	1375

Sebelum pengecoran benda uji, dilakukan pengujian kelecakan (*flow test*) menggunakan standar ASTM C1437-20 untuk menilai *workability* masing-masing campuran. Hasil menunjukkan bahwa nilai *flow* meningkat seiring meningkatnya proporsi SS dalam campuran. Campuran 100% SS memiliki nilai *flow* tertinggi sebesar 120%, sedangkan 100% AS memiliki nilai *flow* terendah sebesar 89%. Hal ini menunjukkan

bahwa bentuk partikel yang bulat (SS) mampu meningkatkan aliran mortar, sedangkan partikel bersudut (AS) cenderung menurunkan kelecakan.

### 2.3. Benda Uji

Benda uji dibuat dalam bentuk kubus ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yang telah direndam 28 hari untuk curing.

### 2.4. Pengujian

#### 2.4.1. Uji kuat tekan

Uji kuat tekan dilakukan berdasarkan SNI 03-6825-2002 pada umur 28 hari menggunakan mesin uji tekan hidrolik dengan kapasitas minimum 1000 kN. Dimana P adalah Beban (N), A luas penampang (mm<sup>2</sup>) dengan f'c MPa.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

#### 2.4.2. Pola Retak

Setelah pengujian kuat tekan, permukaan pecahan benda uji diamati secara visual untuk mengevaluasi pola retak yang terbentuk. Dokumentasi pola retak dilakukan melalui pencatatan langsung dan fotografi dari permukaan retakan.

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan nilai kuat tekan dari masing-masing variasi campuran. Pola retak dianalisis secara kualitatif dengan membandingkan karakteristik retakan antar variasi, baik dari segi arah, sebaran, maupun tingkat konsentrasi retak. Hasil analisis ini digunakan untuk menilai pengaruh bentuk partikel terak nikel terhadap kinerja mekanik mortar dan untuk menentukan komposisi optimum antara AS dan SS.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. 3.1 Sifat fisik terak nikel

Hasil pengujian karakteristik fisik angular slag dan spherical slag dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan fisik *angular slag* dan *spherical slag*

Pengujian karakteristik	<i>Angular Slag</i>	<i>Spherical Slag</i>	Spesifikasi	Keterangan	
				AS	SS
Modulus kehalusan	2,95	3,79	2,2 - 3,1	Memenuhi	Tidak Memenuhi
Berat jenis semu	3,43	3,08	1,5 - 3,3	Tidak Memenuhi	Memenuhi
Berat jenis kering	3,05	2,82	1,5 - 3,3	Memenuhi	Memenuhi
Beras jenis SSD	3,20	3,20	1,5 - 3,3	Memenuhi	Memenuhi
Penyerapan air	0,80	2,10	Max 2%	Memenuhi	Tidak Memenuhi

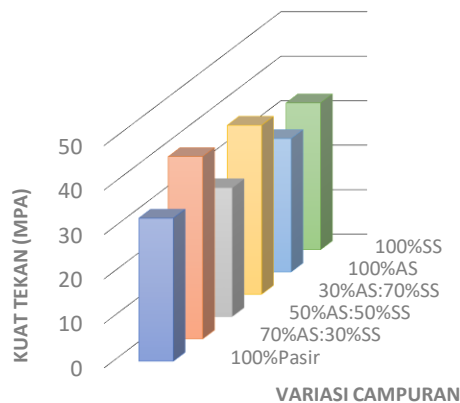
### 3.2. Flow Test

Pengujian *flow* pada berbagai variasi sampel mortar menunjukkan campuran 100% SS memiliki nilai *flow* tertinggi sebesar 236,5 mm meningkat 19% dibandingkan 100% pasir. Alasan utama dari tingginya nilai *flow* pada campuran 100% SS adalah bentuk permukaan agregatnya yang bulat, yang memungkinkan campuran lebih mudah mengalir ke segala arah saat diuji di atas meja uji *flow*. Hal ini berarti mortar tersebut memiliki workability yang lebih baik, merupakan suatu aspek penting dalam pekerjaan konstruksi karena memengaruhi seberapa mudah mortar dapat dipasang, diratakan, dan dipadatkan di lapangan.

### 3.3. Kuat Tekan

Kuat tekan mortar dipengaruhi oleh tingkat porositas dari agregat yang digunakan, terutama dalam kombinasi gradasinya. Mengingat agregat seperti kerikil dan pasir menyusun sekitar 65% dari volume mortar, maka karakteristik agregat tersebut memiliki peran penting terhadap sifat mortar setelah mengalami

pengerasan. Nilai kuat tekan mortar cenderung menurun seiring dengan meningkatnya ukuran pori pada agregat. Dalam penelitian ini, kuat tekan mortar bervariasi untuk setiap kombinasi gradasi yang diuji. Variasi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan ukuran butir agregat, yang memengaruhi pola sebaran agregat dalam campuran. Sebaran yang baik berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kuat tekan, terutama karena meningkatnya daya lekat antara agregat dan pasta semen.



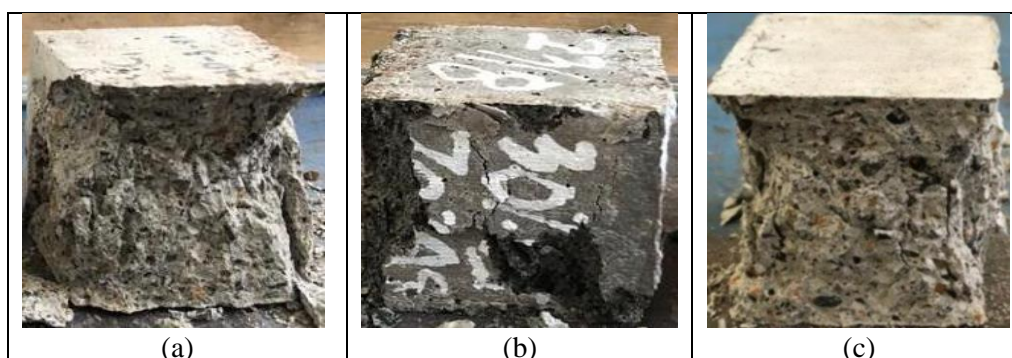
Gambar 1. Hasil uji kuat tekan.

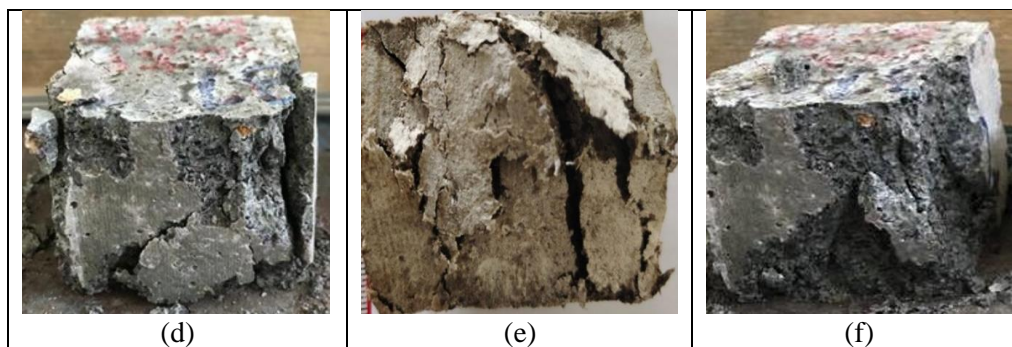
Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ghafoori & Najimi (2014), yang menyatakan bahwa kombinasi partikel halus bulat dan kasar bersudut dapat mengoptimalkan ikatan antar agregat dalam campuran mortar, menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibanding penggunaan satu jenis agregat saja. Selain itu, studi oleh Kim et al., (2017) juga menemukan bahwa agregat dengan permukaan kasar dan bentuk tidak teratur dapat meningkatkan kekuatan tekan akibat peningkatan kekasaran antar muka agregat-semen (*interfacial transition zone/ITZ*).

Namun, berbeda dengan hasil penelitian Wang & Wu (2011) yang menunjukkan bahwa penggunaan agregat spherical secara dominan dapat meningkatkan kekuatan tekan karena pengurangan porositas, hasil pada penelitian ini justru menunjukkan penurunan kuat tekan pada campuran dengan 100% SS. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kurangnya efek *interlocking* yang dihasilkan oleh partikel berbentuk bulat, sehingga distribusi beban menjadi kurang merata.

### 3.4. Pola Retak

Campuran kontrol yang terdiri dari pasir, semen, dan air, dengan kuat tekan sebesar 32,15 MPa, menunjukkan ikatan antar komponennya kurang kuat, yang mengakibatkan terjadinya *spalling* dengan mudah. Hal ini menunjukkan bahwa jenis dan proporsi campuran memiliki pengaruh besar terhadap besarnya kuat tekan serta pola retak yang terbentuk pada mortar sejalan dengan penelitian Maysyurah & Caronge (2022).





Gambar 2. Pola Retak (a)100%Pasir, (b) 70%AS:30%SS, (c) 50%AS:50%SS, (d) 30%AS:70%SS, (e) 100%AS, dan (f) 100%SS.

Pola retakan pada campuran dengan komposisi 30% SS dan 70% AS menunjukkan kualitas ikatan antar material yang paling optimal dibandingkan campuran lainnya, dengan kuat tekan mencapai 41,35 MPa. Kerusakan yang terjadi hanya terbatas pada sebagian kecil area permukaan berupa *spalling* ringan, serta pola retak yang terbentuk cenderung sejajar dengan arah pembebanan. Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi komposisi campuran berpengaruh signifikan terhadap performa mekanik mortar, khususnya dalam hal nilai kuat tekan dan karakteristik pola retaknya. Secara umum, semakin tinggi nilai kuat tekan yang dihasilkan, maka semakin sedikit dan terkontrol pola retak yang muncul. Hasil ini mendukung temuan oleh Lu & Panesar (2020), yang melaporkan bahwa bentuk agregat halus sangat mempengaruhi mekanisme retakan pada mortar dan beton, terutama melalui pengaruh terhadap distribusi tegangan internal dan ketahanan deformasi.

#### 4. KESIMPULAN

Campuran dengan komposisi 70% AS dan 30%SS menunjukkan nilai kuat tekan optimum yang sejalan dengan pola retakan yang merepresentasikan kualitas ikatan yang baik antar komponen. Hal ini ditunjukkan oleh terbatasnya kerusakan *spalling* yang hanya terjadi pada sebagian kecil permukaan spesimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. 2020. *ASTM C1437-20: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Tersedia secara daring di: <https://www.astm.org/c1437-20.html>
- ASTM International. (2022). *ASTM C128-22: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://www.astm.org/c0128-22.html>
- Amalia Y. Pemanfaatan Serbuk Terak Nickel Pig Iron untuk Aplikasi Material Struktural [Internet]. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. eprints.upnyk.ac.id; 2024. Available from: <http://eprints.upnyk.ac.id/39670/1/JTL.pdf>
- Ashad H. Penggunaan Terak Nikel Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Agregat Kasar Beton Mutu Tinggi [Internet]. *Jurnal Teknik Sipil (Jurnal Teoretis dan Terapan ... repository.umi.ac.id*; 2022. Available from: <http://repository.umi.ac.id/1908/1/19272-Article-Text-64849-2-10-20221228.pdf>
- Bethary RT, Intari DE. Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil* [Internet]. 2022; Available from: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jft/article/view/14473>
- Ghafoori, N., & Najimi, M. (2014). Properties of concrete containing steel slag aggregate. *Construction and Building Materials*, 52, 1-10.
- Haris HM, Tahir S. Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan Mensubstitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen. *Siimo Engineering: Jurnal Teknik Sipil* [Internet]. 2020; Available from: <https://www.jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/SiimoEngineering/article/view/1110>
- Irfansyah AF. KARAKTERISTIK BETON BERONGGA DENGAN MENGGUNAKAN TERAK NIKEL SEBAGAI AGREGAT KASAR [Internet]. repository.unhas.ac.id; 2021. Available from: [https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/7110/3/D012192019\\_tesis\\_dp.pdf](https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/7110/3/D012192019_tesis_dp.pdf)
- Kim, Y. J., Lee, H. K., & Moon, H. Y. (2017). Effect of aggregate angularity on mechanical behavior of concrete. *Materials Research*, 20(6), 1556–1563.

- Knop Y, Peled A. Setting behavior of blended cement with limestone: influence of particle size and content. *Mater Struct* [Internet]. 2016; Available from: <https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-014-0509-y>
- Lu, Y., & Panesar, D. K. (2020). Impact of aggregate morphology on concrete fracture and mechanical properties. *Cement and Concrete Composites*, 113, 103735.
- Maysyurah A. STUDI HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN MORTAR YANG MENGGUNAKAN FLY ASH DAN PORTLAND COMPOSITE CEMENT= Study of Stress-Strain ... [Internet]. repository.unhas.ac.id; 2023. Available from: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/32181/>
- Maysyurah, A., and M. A. Caronge. "Point load test method for prediction strength of sustainable mortar made from blended cement and fly ash." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1117. No. 1. IOP Publishing, 2022. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1117/1/012029/meta>
- Maysyurah, Alfina, Achmad Rusdi, and Albert Didik Setyo Purwantoro. "Compressive Strength Of Concrete The Time Setting Of Application Of Plastiment® P-121 Additive Mixture." *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan* 9.1 (2024): 39-46. Available from: <https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/CVL/article/view/1185>
- Nurul FR. Kuat Tekan Mortar Berbahan Terak Nikel Granulasi sebagai Pengganti Pasir= Compressive Strength Of Mortar Containing Nickel Slag Granulation As Replacement ... [Internet]. repository.unhas.ac.id; 2022. Available from: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/14794/>
- Permatasari D. KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG TIPE PENDINGINAN LANGSUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR [Internet]. repository.unhas.ac.id; 2021. Available from: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/18090/>
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-6825-2002: Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta: BSN.
- Wang, K., & Wu, X. (2011). Influence of aggregate shape on concrete performance. *ACI Materials Journal*, 108(2), 150–158.
- Wulandari I. PEMANFAATAN TERAK (SLAG) NIKEL DALAM PEMBUATAN GEOPOLIMER DENGAN METODE CURING. FAKULTAS MATEMATIKA DAN ...; 2021.
- Yansiku SI, Duran Y. TERAK NON-BESI SEBAGAI TAMBAH SEMEN PORTLAND PADA BETON STRUKTURAL. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur* [Internet]. 2025; Available from: <http://ejournal.utp.ac.id/index.php/JTSA/article/view/4453>