

Penggunaan Terak Nikel Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Agregat Kasar Beton Mutu Tinggi

Hanafi Ashad^(*)

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo No.km.5
Panaikang, Makassar, Email: hanafi.ashad@umi.ac.id

Andi Baso Gunawan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo No.km.5
Panaikang, Makassar, Email: a.baso.gunawan@umi.ac.id

Abstrak

Terak nikel adalah limbah industri yang secara fisik berbentuk batuan alam memungkinkan digunakan menjadi bahan agregat kasar dalam pencampuran beton mutu tinggi. Penggunaan terak nikel sebagai agregat dalam pembuatan beton diharapkan selain dapat memberi dampak positif terhadap kuat tekan beton, juga sekaligus menjadi solusi alternatif dalam penanggulangan dampak lingkungan. Dengan mensubstitusikan terak nikel secara parsial terhadap agregat kasar (batu pecah) dengan variasi 20 %, 40 %, 60 %, 80 % dan 100%, maka diperoleh model kontribusi yang cenderung mengikuti pola persamaan berbentuk polinomial berderajat dua. Berdasarkan model tersebut didapatkan persentase optimum terak nikel sebesar 23,93% dengan kuat tekan maksimum sebesar 46,96 MPa.

Kata kunci : Agregat kasar, kuat tekan maksimum, terak nikel optimum.

Abstract

Nickel slag is an industrial waste that physically in the form of natural rock which allows it to be used as a coarse aggregate material in mixing high strength concrete. The use of nickel slag as an aggregate in the concrete production is expected to have a positive impact on the compressive strength of concrete, but also to become an alternative solution in environmental impacts problem. By partially substituting nickel slag for coarse aggregate (crushed stone) with variations of 20%, 40%, 60%, 80% and 100%, a contribution model is obtained which tends to follow a polynomial equation to the degree of two. Based on this model, the optimum percentage of nickel slag is 23.93% with a maximum compressive strength of 46.96 MPa.

Keywords: Coarse aggregate, maximum compressive strength, optimum nickel slag.

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Agregat menempati 60 - 80 % terhadap total volume beton, oleh karena itu kualitas agregat akan sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, maka potensi untuk menghasilkan beton yang berkualitas akan tercapai (mutu dan durabilitas), bahkan diharapkan dapat memberi kontribusi dalam meningkatkan mutu beton. Perkembangan Teknologi beton memungkinkan penggunaan bahan dasar pembentuk beton menjadi variatif, salah satunya adalah limbah yang dapat menjadi bahan dasar pembentuk beton, sehingga penggunaan bahan alam yang berpotensi merusak lingkungan dapat ditekan seminimalkan mungkin.

Beton merupakan komponen penting sebagai material konstruksi bangunan sipil seperti gedung bertingkat tinggi, jembatan, bendungan, dan lain-lain yang membutuhkan karakteristik mekanik yang kuat dan kokoh. Oleh karena itu usaha yang dilakukan untuk

menghasilkan beton yang kuat, ekonomis dan ramah lingkungan merupakan langkah yang tepat di dalam menjawab tuntutan dunia industri konstruksi saat ini dan ke depan.

Penggunaan limbah padat terak nikel sebagai bahan dasar pembentuk beton merupakan salah satu upaya mengurangi dampak eksploitasi sumber daya alam dan pencemaran lingkungan. Dampak eksploitasi sumber daya alam yang dimaksud adalah kerusakan lingkungan akibat penggunaan material alam seperti; batu pecah, pasir alami, dan lain-lain

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Memperoleh karakteristik fisik terak nikel sebagai agregat kasar dalam campuran beton mutu tinggi.
2. Menemukan persentase optimum penggunaan terak nikel sebagai agregat kasar dalam campuran beton mutu tinggi.

* Penulis Korespondensi: hanafi.ashad@umi.ac.id

1.3 Ruang lingkup penelitian

Penelitian ini mencakup pembahasan :

1. Karakteristik agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar (batu pecah dan terak nikel). Terak nikel (*nickel slag*) yang digunakan berasal dari PT. Aneka Tambang (Kolaka, Sulawesi Tenggara).
2. Penggunaan terak nikel dalam pembuatan beton mutu tinggi.
3. Membandingkan antara kuat tekan beton normal (tanpa menggunakan terak nikel) dan kuat tekan beton yang menggunakan terak nikel. Terak nikel (*slag nikel*) disubstitusikan dengan agregat batu pecah dengan variasi substitusi berturut-turut 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.
4. Persentase optimum penggunaan terak nikel sebagai bahan substitusi agregat kasar untuk produksi beton mutu tinggi.

2. Studi Pustaka

2.1 Kuat tekan beton

Definisi kuat tekan beton adalah kemampuan beton menahan beban aksial tekan per satuan luas. Faktor utama yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton adalah faktor air semen (*water-cement ratio* atau *w/c*), karakteristik agregat, metode yang digunakan dalam pencampuran, kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), dan perawatan (*curing*). Semakin kecil nilai faktor air semen, maka jumlah air pencampur yang dibutuhkan akan semakin sedikit pula, demikian pula. Hal ini menyebabkan nilai kuat tekan beton menjadi tinggi. Karakteristik utama dari agregat yang sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah kekerasan dan distribusi ukuran butir. Untuk mendapatkan mutu beton sebagaimana yang direncanakan, maka diperlukan perawatan dengan baik agar proses hidrasi tetap berjalan sebagaimana mestinya sehingga terhindar dari terjadinya retak mikro pada permukaan beton. Dengan bertambahnya umur beton, kuat tekan beton meningkat dengan asumsi pada saat umur beton mencapai 28 hari, kuat tekan beton dianggap bersifat stasioner.

Kuat tekan beton dihitung dengan rumus :

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

dimana =

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban aksial tekan (N)

A = luas penampang (mm^2)

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat tekan rata-rata digunakan rumus :

$$f'c = \frac{\sum f'c}{N} \quad (2)$$

dimana :

$f'c$ = kuat tekan (MPa)

N = jumlah benda uji (buah)

2.2 Beton mutu tinggi

Beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*), adalah beton dengan kekuatan tekan minimal 41,4 MPa (SNI. 03-6468-2000). Beton mutu tinggi umumnya digunakan pada struktur bangunan yang dianggap memikul beban yang berat seperti struktur jembatan, pondasi beton, serta bagian-bagian bangunan yang dianggap akan menerima beban yang tinggi. Dalam pembuatannya, beton mutu tinggi sedapat mungkin menggunakan faktor air semen (*water-cement ratio*) antara 0,20 sampai 0,30. Untuk menjaga agar proses pencampuran beton tetap terjaga kemudahan pengerjaannya (*workable*), maka perlu ditambahkan bahan kimia berupa *superplasticizer*. Penggunaan beton mutu tinggi pada suatu struktur bangunan akan berdampak pada efisiensi dimensi elemen struktur yang pada akhirnya dapat mereduksi bobot bangunan secara menyeluruh.

2.3. Terak nikel

Terak nikel (*nickel slag*) adalah limbah industri pengolahan nikel yang awalnya berupa likuid panas dan membentuk batuan alam akibat mengalami pendinginan yang di dalamnya terdapat slag padat dan slag dengan pori. Terak terjadi dari proses menggumpalnya potas, mineral silika, dan soda pada saat logam melebur atau proses leleh yang terjadi pada mineral logam karena suhu panas yang tinggi dari bahan wadah pelebur.

Terak nikel (*nickel slag*) adalah limbah industri nikel berupa bongkahan berwujud mirip dengan bahan logam yang terjadi melalui proses pembakaran dan peleburan bijih nikel.

3. Hasil Pengujian dan Pembahasan

3.1 Pengujian agregat halus

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus (pasir alami) yang berasal dari sungai Bili-bili Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan dengan hasil pemeriksaan karakteristik seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Nilai	Satuan
1	SG. SSD Basic	2,47	-
2	Penyerapan	2,84	%
3	Kadar Air	2,63	%
4	Kadar Organik	Std I	-
5	Kadar Lumpur	2,50	%
6	Modulus Kehalusan	3,05	-
7	Berat Volume	1,52	Kg/ltr

3.2 Pengujian agregat kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) yang bersumber dari sungai Bili-bili Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan, diperlihatkan pada **Tabel 2**. Sedangkan untuk agregat kasar terak nikel diperlihatkan pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah)

No.	Jenis Pengujian	Nilai	Satuan
1	SG. SSD Basic	2,72	-
2	Penyerapan	2,59	%
3	Kadar Air	2,92	%
4	Keausan	19,70	%
5	Kadar Lumpur	4,31	%
6	Modulus Kehalusan	6,41	-
7	Berat Volume	1,60	Kg/ltr

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (terak nikel)

No.	Jenis Pengujian	Nilai	Satuan
1	SG. SSD Basic	2,77	-
2	Penyerapan	1,33	%
3	Kadar Air	0,15	%
4	Keausan	17,11	%
5	Kadar Lumpur	0,36	%
6	Modulus Kehalusan	6,45	-
7	Berat Volume	1,76	Kg/ltr

Memperhatikan hasil pengujian yang diperlihatkan pada **Tabel 2** dan **3**, dimana berat jenis (SG. SSD Basic) batu pecah relatif sama dengan terak nikel, sedangkan penyerapan dan tingkat keausan terak nikel lebih kecil dari batu pecah sehingga secara fisik dapat dikatakan bahwa terak nikel dapat digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beton.

3.3 Perancangan campuran beton

Perancangan campuran beton (*Concrete Mix Design*), dilakukan dengan menggunakan metode ACI.211.4R-93. Luaran perancangan berupa komposisi masing-masing material penyusun beton dalam 1 (satu) meter kubik beton. Beton dirancang dengan faktor air-semen (w/c) sebesar 0,27 dengan menggunakan bahan tambah kimia berupa *Superplasticizer*. Adapun hasil perancangan komposisi campuran beton ditunjukkan seperti pada **Tabel 4** dengan keterangan sebagai berikut:

- S : Semen
- A : Air
- AH : Agregat Halus (Pasir)
- BP : Batu Pecah
- TN : Terak Nikel
- SP : Superplasticizer

Tabel 4. Komposisi campuran dalam 1 M³ beton

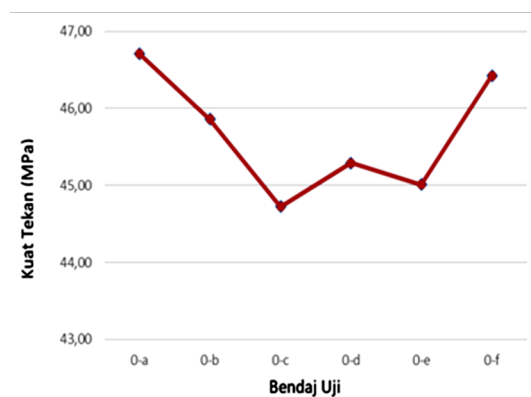
Material	Terak Nikel (%)					
	0	20	40	60	8	100
S (kg)	759	759	759	759	759	759
A (ltr)	143	143	143	143	143	143
AH (kg)	537	537	537	537	537	537
BP (kg)	808	647	485	323	161	-
TN (kg)	-	161	323	485	647	808
SP (ltr)	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55

3.4 Hasil pengujian kuat tekan beton

Data hasil uji kuat tekan adalah data pada umur 28 hari dengan 6 (enam) jenis specimen yaitu beton tanpa terak nikel (0%) dan beton dengan terak nikel (20%, 20%,

Tabel 5. Kuat tekan beton tanpa terak nikel

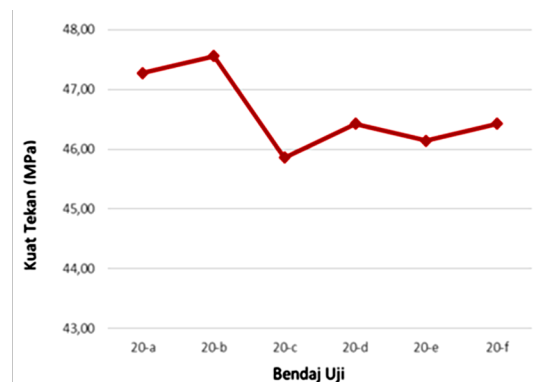
Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
0-A	12214	825	46,71	45,67
0-B	12265	810	45,86	
0-C	12184	790	44,73	
0-D	12237	800	45,29	
0-E	12256	795	45,01	
0-F	12283	820	46,43	



Gambar 1. Kuat tekan beton 0% terak nikel

Tabel 6. Kuat tekan beton 20% terak nikel

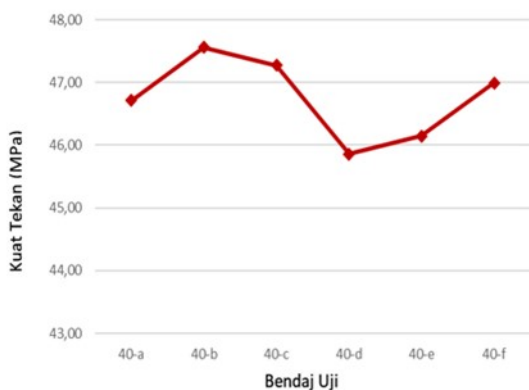
Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
20-A	13307	835	47,28	46,61
20-B	13042	840	47,56	
20-C	12943	810	45,86	
20-D	12987	820	44,43	
20-E	12976	815	46,14	
20-F	13012	820	46,43	



Gambar 2. Kuat tekan beton 20% terak nikel

Tabel 7. Kuat tekan beton 40% terak nikel

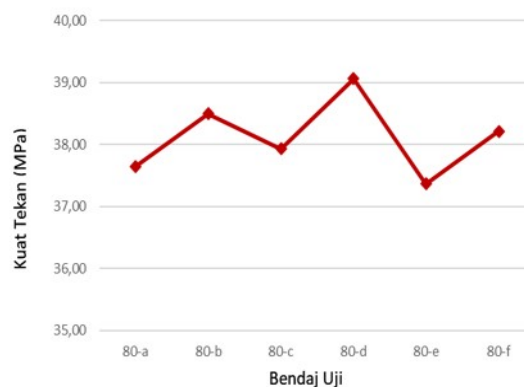
Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
40-A	13024	825	46,71	46,76
40-B	13016	840	47,56	
40-C	13023	835	47,28	
40-D	13027	810	45,86	
40-E	12987	815	46,14	
40-F	12993	830	46,99	



Gambar 3. Kuat tekan beton 40% terak nikel

Tabel 9. Kuat tekan beton 80% terak nikel

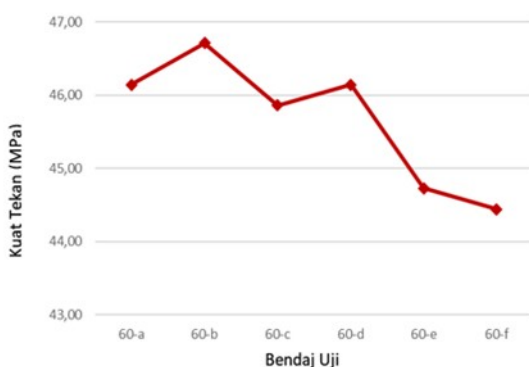
Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
80-A	13011	665	37,65	38,12
80-B	13014	680	38,50	
80-C	13015	670	37,93	
80-D	13012	690	39,07	
80-E	13022	660	37,37	
80-F	13008	675	38,22	



Gambar 5. Kuat tekan beton 80% terak nikel

Tabel 8. Kuat tekan beton 60% terak nikel

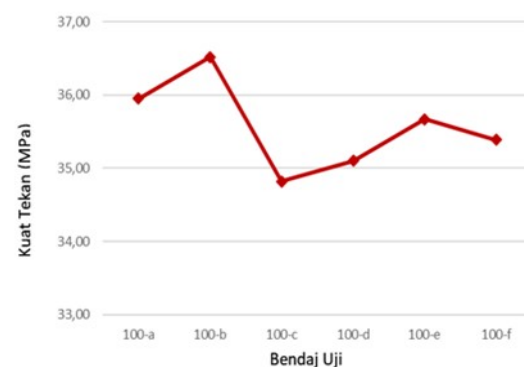
Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
60-A	12984	815	46,14	45,67
60-B	13012	825	46,71	
60-C	13026	810	45,86	
60-D	13030	815	46,14	
60-E	13025	790	44,73	
60-F	13027	785	44,44	



Gambar 4. Kuat tekan beton 60% terak nikel

Tabel 10. Kuat tekan beton 100% terak nikel

Kode Benda Uji	Berat (kg)	Beban Hancur (kN)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
100-A	13024	635	35,95	35,57
100-B	13027	645	36,52	
100-C	13016	615	34,82	
100-D	13018	620	35,10	
100-E	13022	630	35,67	
100-F	13025	625	35,39	



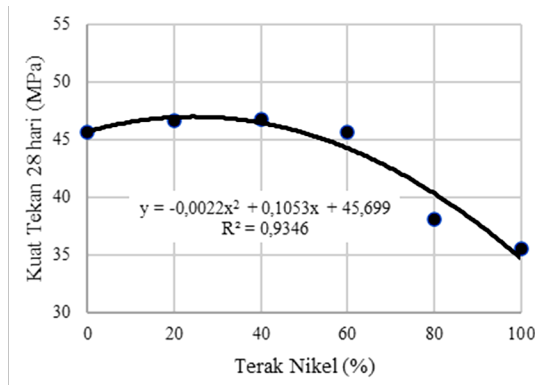
Gambar 6. Kuat tekan beton 100% terak nikel

40%, 60%, 80%, dan 100%). Setiap specimen terdiri dari 6 (enam) benda uji.

Secara umum hasil pengujian mengindikasikan bahwa penggantian agregat kasar dengan terak nikel pada persentase tertentu berkontribusi positif terhadap

kekuatan tekan beton. Hal ini memberikan gambaran bahwa akan ditemukan persentase penggunaan terak nikel yang optimum dengan kuat tekan maksimum.

Kuat tekan beton rata-rata tanpa terak nikel adalah 45,67 MPa. Sedangkan kuat tekan beton rata-rata



Gambar 7. Grafik hubungan kuat tekan beton dan persentase terak nikel

dengan menggunakan terak nikel, berturut-turut adalah 46,61 MPa (untuk 20%), 46,76 MPa (untuk 40%), 45,67 MPa (untuk 60%), 38,12 MPa (untuk 80%), dan 35,57 MPa (untuk 100%).

Terlihat bahwa penggantian agregat kasar dari batu pecah dengan terak nikel pada porsi 20% hingga 60%, mampu memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kuat tekan beton.

persentase terak nikel sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 7, cenderung mengikuti pola persamaan berbentuk polinomial berderajat dua, yaitu :

$$y = -0,0022x^2 + 0,1053x + 45,699 \quad (3)$$

hal mana; y adalah kuat tekan beton dalam MPa dan x adalah persentase penggunaan terak nikel.

Dengan menerapkan teorema maksima/minima, maka persentase optimum terak nikel diperoleh dengan cara turunan pertama dari persamaan (3) terhadap x, sama dengan nol yaitu :

$$-0,0044 x + 0,1053 = 0$$

sehingga :

$$x = 23,93\%$$

Selanjutnya kuat tekan maksimum diperoleh dengan cara mensubstitusikan nilai x ke dalam Persamaan (3).

$$y = -0,0022*(23,93\%)^2 + 0,1053*(23,93\%) + 45,699$$

$$y = 46,96 \text{ MPa}$$

Dengan demikian persentase optimum terak nikel sebagai pengganti sebagian agregat kasar adalah sebesar 23,93% dengan nilai kuat tekan maksimum 46,96 MPa.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka di simpulkan:

1. Terak nikel dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam produksi beton mutu tinggi.
2. Model kontribusi terak nikel terhadap kuat tekan beton, cenderung mengikuti pola persamaan berbentuk polinomial berderajat 2.

3. Kontribusi maksimal diperoleh pada persentase optimum 23,93% terak nikel dengan kuat tekan maksimum 46,96 MPa.

4.2 Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh tekstur permukaan terak nikel terhadap slip antara permukaan agregat dengan pasta.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan untuk penelitian aplikasi pada komponen struktur.

Daftar Pustaka

- ACI Committee 211.1-91, 1993, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete", ACI Detroit, Michigan.
- ACI Committee 211.4R-93, 1993, "Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash" ACI Detroit, Michigan.
- Almufid. 2015. *Beton Mutu Tinggi dengan bahan Tambahan*. Jurnal Fondasi. Vol 4 No. 2. 2015
- ASTM, 1993, "Annual Books of ASTM Standards ", Volume 04.02 Concrete and Aggregates.
- Bunga Yubi Nabillah dkk. 2019. *An Innovation Of High Performance Concrete By Replacing Cement With Nickel Slag Powder*. International Journal on Livable Space. Vol 4 No. 2 Agustus 2019.
- E Ngii dkk. 2020. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Optimum combination of ferro-nickel slag (FeNi4) to the normal sand for the concrete compressive strength*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol 622 November 2020.
- Hee Jun Yang dkk. 2021. *Performance evaluation of cement paste incorporating ferro-nickel slag powder under elevated temperatures*. Elsevier Journal. 5 Oktober 2021.
- Komang Saka Suwindu dkk. 2020. *Karakteristik Beton Mutu Tinggi dengan Substitusi Slag Baja dan Slag Nikel Sebagai Agregat Kasar*. Paulus Civil Engineering Journal. Volume 2 No.1. Maret 2020.
- Mohankumar N. BAJAD. 2020. *High Quality Concrete Comprissing Of Several Mix Of ACM'S*. Civil and Environmental Engineering. Vol. 0, Issue 0, DOI: 10.2478/cee-2020-0014
- Muhammad Muhsar. 2021. *Penggunaan Limbah Nikel Sebagai Material Substitusi Agregat Kasar Pada Beton K.250*. Sultra Civil Engineering Journal (SciEJ). Vol 2 No1, Maret 2021.
- R S Edwin dkk.2019. *Effect of nickel slag as a sand replacement in strength and workability of*

concrete. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol 615 Oktober 2019.

Ratno Wijaya dkk. 2021. *Studi Literatur Potensi Pemanfaatan Terak Nikel (Slag Nikel) sebagai Agregat pada Mortar dan Beton*. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil. Vol 9 No.2 Juli 2021. halaman 94.

S Samnur dkk. 2016. *Study On Phisycal-Chemical Properties Of Funance-Nickel-Slag Powder For Geopolymer Aplication*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia Vol 12 No. 2 .Juli 2016.

Saptahari Sugiri dkk. 2005. *Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat Beton Pemberat Pipa Gas Lepas Pantai*. Jurnal Teknik sipil .Vol 12 No.4, Oktober 2005. halaman 244.

Saptahari Sugiri dkk. 2007. *Persamaan Korelasi Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi dengan Agregat Alami dan Slag Nikel*. Jurnal Teknik sipil .Vol 14 No.1, Januari 2007.

Wayan Mustika dkk. 2016. *Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat Dalam Campuran Beton*. Jurnal Spektran. Vol 4 No. 2, Juli 2016. halaman 37-38.