

PENGARUH SLAG NIKEL PENGGANTI PASIR SUNGAI TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS MORTAR

Ramlan Sultan¹⁾, Syamsul Bahri Ahmad²⁾

^{1,2)} Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Indonesia has great potential to develop green materials by utilizing nickel slag industrial waste which can be used as a substitute for cement or as a substitute for coarse and fine aggregates that can be applied to land and marine buildings in the future. This study aims to determine the compressive strength and porosity of mortar as a construction material using SNI and ASTM methods. The research was conducted by making normal mortar (SN), mortar with nickel slag 25% (ST25), 75% (ST50) and 75% (ST75). The results showed that mortar with nickel slag produced higher compressive strength, than normal mortar with progressively smaller porosity.

Keywords: Mortar, Nickel Slag, Compressive Strength and Porosity

1. PENDAHULUAN

Produksi semen tingkat dunia cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan semen untuk konstruksi terus mengalami peningkatan seiring dengan tingkat pertumbuhan infrastruktur bangunan. Produksi semen global diperkirakan akan meningkat dari 3,27 miliar metrik ton pada 2010 menjadi 4,83 miliar metrik ton pada 2030 [1]. Penggunaan semen dalam pembangunan infrastruktur umumnya sebagai bahan pengikat pada produksi beton maupun produksi mortar. Mortar merupakan salah satu bagian dari material konstruksi yaitu campuran semen dengan agregat halus yang bisa digunakan sebagai bahan plesteran dan pengikat pada pasangan batu.

Di sisi lain penggunaan material alam seperti kerikil, pasir sungai dan batu kali yang diolah menjadi batu pecah dan pasir buatan dalam produksi beton maupun mortar secara terus menerus diperkirakan juga akan menimbulkan dampak kerusakan ekosistem sungai akibat eksploitasi yang tak terkendali [2]. Pemanfaatan limbah industri seperti slag sebagai material konstruksi belum banyak dilakukan karena ketersediaan data yang masih terbatas maupun adanya batasan penggunaan limbah tersebut yang masih ditengarai sebagai material beracun kategori B3. Namun demikian, beberapa negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, Korea dan Kanada telah memanfaatkan limbah *by product* ini dalam industri konstruksi dan industri semen. Sesuai dengan *Subtitle C of Resource Conservation and Recovery Act*, terdapat 20 jenis limbah industri pengolahan dan pemurnian mineral yang tidak dikategorikan limbah B3, antara lain slag dari pengolahan tembaga, seng dan *iron blast furnace*.

Indonesia hingga saat ini memiliki 17 juta ton slag nikel. Jumlah tersebut dihasilkan dari sejumlah smelter dalam negeri, antara lain PT Antam Tbk., PT MSP, IMIP Group, Vitue Dragon, dan PT Vale Indonesia. Namun hanya 10% saja yang telah dimanfaatkan untuk aplikasi konstruksi. Sedangkan hingga tahun 2022, ditargetkan akan ada 60 smelter dari izin usaha pertambangan operasi produksi khusus [3].

Dengan demikian, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan material konstruksi berupa beton maupun mortar yang ramah lingkungan (*green concrete*) dengan limbah slag nikel yang dapat digunakan sebagai pengganti semen maupun sebagai pengganti agregat kasar dan halus yang dapat diterapkan pada bangunan darat maupun bangunan laut di masa yang akan datang. Sejumlah penelitian terkait penggunaan mortar pada bangunan sipil terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja mortar baik untuk penggunaan sebagai plesteran, perekat pasangan batu maupun sebagai bahan campuran beton [4,5 dan 6]. Penelitian mortar tanpa penggunaan semen sebagai yang kita kenal sebagai mortar geopolimer pengikat juga dilakukan dengan menggunakan fly ash dan slag nikel [7,8 dan 9]. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan peningkatan kuat tekan mortar geopolimer lebih tinggi dibandingkan mortar konvensional..

² Korespondensi penulis: Syamsul Bahri Ahmad, 089521106814, syamba_68@yahoo.co.id

Kajian karakteristik pori dan kuat tekan mortar dalam lingkup pasta semen dengan agregat halus mendorong untuk meneliti kuat tekan dan porositas mortar yang mengandung slag nikel pengganti pasir sungai sebagai salah satu bagian dari material konstruksi dalam pembuatan beton.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan kajian eksperimental terhadap sejumlah benda uji mortar ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dan mortar normal sebagai mortar referensi. Penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sebelum pembuatan benda uji terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan karakteristik bahan yang digunakan dengan mengacu pada standar ASTM. Perawatan mortar dilakukan sesuai metode yang berlaku dengan pelbagai umur rencana pengujian kuat tekan. Metode pengujian kuat tekan mortar mengacu pada Standar yang berlaku [10] dan porositas dengan metode ASTM C642 [11].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan

Hasil uji karakteristik agregat diperlihatkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik pasir sungai

No.	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air pasir	4.15 %	3% - 5 %	ASTMC566	Memenuhi
2.	Penyerapan pasir	1.57 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Memenuhi
3.	Berat jenis SSD pasir	2,53	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1,45 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	2,78 %	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	3.08	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

Tabel 2. Karakteristik slag nikel

No	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air	4.29 %	3% - 5 %	ASTMC566	Memenuhi
2.	Penyerapan	0.20 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	2,89	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume	1,63 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Modulus Kehalusan	3.07	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

3.2. Komposisi campuran

Kebutuhan bahan dari komposisi campuran mortar 1 : 3 untuk 17 benda uji dan nilai konsistensi yang diperoleh dalam pengujian diperlihatkan pada tabel 3. Flow atau konsistensi yang dihasilkan setiap campuran masuk dalam range yang diisyaratkan yaitu dengan konsistensi [110 ± 5] %.

Tabel 3. Komposisi campuran

Kode spesimen	Jenis Material (gram)				
	Semen (gram)	Air (gram)	Pasir (gram)	Slag Nikel (gram)	Konsistensi (%)
SN	1058.4	850	4350.00	0.00	110.5
ST25	1058.4	650	2762.50	1035.14	113
ST50	1058.4	570	1841.67	2070.29	111.75
ST75	1058.4	620	920.83	3105.43	114.5

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

3.3.1 Kuat tekan mortar normal (SN)

Hasil pengujian kuat tekan mortar normal pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Kuat tekan mortar normal (SN)

No	Dibuat	Diuji	Umur	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(KN)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	3/8/2021	6/8/2021	3	21400	8.56	8.20
2	3/8/2021	6/8/2021		20000	8.00	
3	3/8/2021	6/8/2021		20100	8.04	
4	3/8/2021	10/8/2021	7	26100	10.44	9.63
5	3/8/2021	10/8/2021		20800	8.32	
6	3/8/2021	10/8/2021		25300	10.12	
7	3/8/2021	24/8/2021	14	26800	10.72	9.95
8	3/8/2021	24/8/2021		25600	10.24	
9	3/8/2021	24/8/2021		22200	8.88	
10	3/8/2021	31/8/2021	28	29000	11.60	11.49
11	3/8/2021	31/8/2021		30900	12.36	
12	3/8/2021	31/8/2021		26300	10.52	

3.3.2 Kuat tekan mortar slag nikel 25% (ST25)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5. Kuat tekan mortar slag nikel 25% (ST25)

No	Dibuat	Diuji	Umur	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(KN)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	4/8/2021	7/8/2021	3	34100	13.64	12.93
2	4/8/2021	7/8/2021		33200	13.28	
3	4/8/2021	7/8/2021		29700	11.88	
4	4/8/2021	11/8/2021	7	32100	12.84	13.68
5	4/8/2021	11/8/2021		39700	15.88	
6	4/8/2021	11/8/2021		30800	12.32	
7	4/8/2021	18/8/2021	14	55500	22.20	21.68
8	4/8/2021	18/8/2021		55700	22.28	
9	4/8/2021	18/8/2021		51400	20.56	
10	4/8/2021	1/9/2021	28	62300	24.92	23.53
11	4/8/2021	1/9/2021		59000	23.60	
12	4/8/2021	1/9/2021		55200	22.08	

3.3.3 Kuat tekan mortar slag nikel 50% (ST50)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 3, 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Kuat tekan mortar slag nikel 50% (ST50)

No	Dibuat	Diuji	Umur	Beban P	Kuat tekan	Kuat tekan rata rata
			(hari)	(KN)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	6/8/2021	9/8/2021	3	35900	14.36	15.52
2	6/8/2021	9/8/2021		40400	16.16	
3	6/8/2021	9/8/2021		40100	16.04	
4	6/8/2021	13/8/2021	7	39400	15.76	15.77
5	6/8/2021	13/8/2021		38600	15.44	
6	6/8/2021	13/8/2021		40300	16.12	

7	6/8/2021	20/8/2021	14	66500	26.60	21.17
8	6/8/2021	20/8/2021		35200	14.08	
9	6/8/2021	20/8/2021		57100	22.84	
10	6/8/2021	3/9/2021	28	69700	27.88	28.45
11	6/8/2021	3/9/2021		68500	27.40	
12	6/8/2021	3/9/2021		75200	30.08	

3.3.4 Kuat tekan mortar slag nikel 75% (ST75)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional umur 3, 7, 14 dan 28 hari diperlihatkan pada tabel 7.

Tabel 7. Kuat tekan mortar slag nikel 75% (ST75)

No	Dibuat	Diuji	Umur (hari)	Beban P (KN)	Kuat tekan (N/mm ²)	Kuat tekan rata rata (N/mm ²)
1	9/8/2021	12/8/2021	3	44000	17.60	17.28
2	9/8/2021	12/8/2021		37400	14.96	
3	9/8/2021	12/8/2021		48200	19.28	
4	9/8/2021	16/8/2021	7	53600	21.44	21.07
5	9/8/2021	16/8/2021		51900	20.76	
6	9/8/2021	16/8/2021		52500	21.00	
7	9/8/2021	23/8/2021	14	45600	18.24	21.25
8	9/8/2021	23/8/2021		64900	25.96	
9	9/8/2021	23/8/2021		48900	19.56	
10	9/8/2021	6/9/2021	28	66100	26.44	23.76
11	9/8/2021	6/9/2021		58700	23.48	
12	9/8/2021	6/9/2021		53400	21.36	

3.4. Porositas Mortar

Pengujian porositas mortar dilakukan pada umur 28 hari berdasarkan ASTM C642. Selanjutnya hasil uji porositas rata-rata setiap mortar diperlihatkan pada tabel 8.

Tabel 8. Porositas rata-rata mortar

No	Kode sampel	Porositas (%)
1	SN	25,79
2	ST25	19,22
3	ST50	16,36
4	ST75	14,99

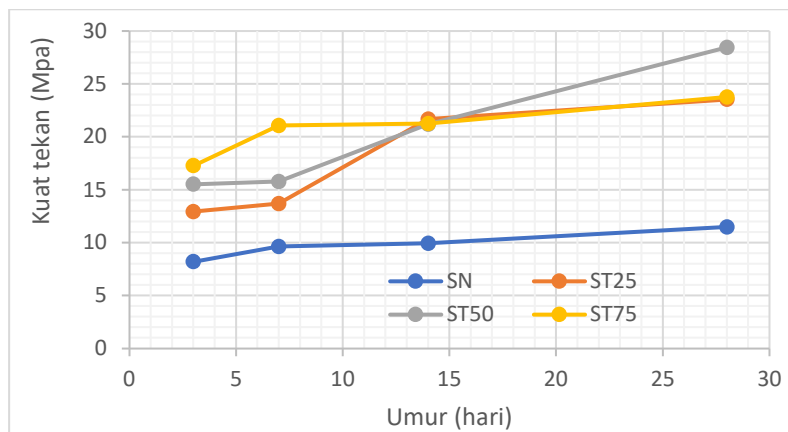
Selanjutnya pada point 3.4 terlihat tabel yang menunjukkan porositas mortar. Berdasarkan tabel 8 terlihat bahwa porositas mortar normal, mortar dengan slag nikel ST25, ST50 dan ST75 masing-masing sebesar 25,79%, 19,22%, 16,36% dan 14,99%. Persentase penurunan porositas mortar dengan slag nikel terhadap mortar normal masing-masing sebesar 25,5%, 36,6% dan 41,9%. Persentase penurunan porositas terbesar terjadi pada mortar ST75 yaitu sebesar 41,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan slag nikel pengganti pasir dapat memperkecil porositas mortar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan slag nikel pada mortar dapat menurunkan porositas sehingga diharapkan memberi kontribusi positif dengan tingkat penyerapan yang lebih kecil pada pori

3.5. Pembahasan

Berdasarkan analisis hasil kuat tekan mortar yang diperlihatkan di point 3.3, dapat dibuat tabel kuat tekan mortar umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari seperti yang diperlihatkan pada tabel 9. Selanjutnya grafik hubungan nilai kuat tekan mortar dengan umur mortar seperti diperlihatkan pada gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa kuat tekan mortar setiap campuran mengalami peningkatan pada setiap pertambahan umur. Mortar dengan penggunaan slag nikel (ST25, ST50 dan ST75) menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari mortar normal (SN). Mortar normal pada umur 3 hari hingga 28 hari memperlihatkan peningkatan kuat tekan masing-masing 8,20 Mpa, 9,63 Mpa, 9,95 Mpa dan 11,49 Mpa. Mortar dengan slag nikel 25% (ST25) menghasilkan kuat tekan 12,93 Mpa, 13,68 Mpa, 21,68 Mpa dan 23,53 Mpa. Mortar dengan slag nikel 50% (ST50) menghasilkan kuat tekan masing-masing 15,52 Mpa, 15,77 Mpa, 21,17 Mpa dan 28,45 Mpa. Kemudian mortar dengan slag nikel 75% (ST75) menghasilkan kuat tekan masing-masing 17,28 Mpa, 21,07 Mpa 21,25 Mpa dan 23,76 Mpa. Hasil analisis kuat tekan mortar slag nikel ST25, ST50 dan ST75 menunjukan persentase peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari terhadap mortar normal masing-masing adalah 105%, 148% dan 106%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan slag nikel pengganti pasir hingga 75% dapat meningkatkan kuat tekan normal secara signifikan.

Tabel 9. Kuat tekan mortar

No	Kode spesimen	Kuat tekan mortar (N/mm ²)			
		3 (hari)	7 (hari)	14 (hari)	28 (hari)
1	SN	8.20	9.63	9.95	11.49
2	ST25	12.93	13.68	21.68	23.53
3	ST50	15.52	15.77	21.17	28.45
4	ST75	17.28	21.07	21.25	23.76



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tekan dengan umur mortar

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan slag nikel pengganti agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan mortar dan penggunaan slag nikel pengganti agregat halus dapat memperkecil porositas mortar sehingga penyerapan pori semakin kecil.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M.Garside, <https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment/913/m-garside> , [diakses September 2021]
 [2] Koehnken,L. , Impacts of Sand Mining on Ecosystem Structure , Proccess Biodiversity in Rivers, ISBN: 978-2-940529-88-9, 2018.

- [3] Saefulhak, Y., ESDM: Pengolahan slag sisa Smelter masih terkendala regulasi limbah B3. Direktur Pembinaan dan Pengusahaan Mineral Kementerian ESDM, [Diakses September 2019]
- [4] B. H. Shinde, dkk, Properties of Fly Ash based Geopolymer Mortar , International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 4 Issue 07, July-2015
- [5] Bong-Suk Cho ,et.al., Effect of Ferronickel Slag Powder on Microhydration Heat, Flow, Compressive Strength, and Drying Shrinkage of Mortar, Hindawi Advances in Civil Engineering Volume, 2018.
- [6] Saha A.K.,et.al. , Compresiiive sterngth of mortar cantaing ferronickel slag as replacement of natural sand, Sustainable Ciil Engginering Structures and Construction Materials, ScienceDirect,Elsevier, 2016.
- [7] R.Sultan, dkk, Kuat Tekan Mortar Geopolimer berbasis Fly Ash “ Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat PNUP, 2019.
- [8] SB Ahmad, dkk, Kuat Tekan Mortar Geopolimer berbasis Fly Ash-Slag “ Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat PNUP, 2019.
- [9] SB Ahmad, dkk, Studi kuat tekan mortar geopolimer berbasis fly-slag dengan rasio aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH berbeda, Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat PNUP, 2020.
- [10] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-6825-2002, “ Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil ” Badan Standardisasi Nasional BSN ICS.27.180
- [11] ASTM C642-97 “Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete “ Annual Book of ASTM Standars, Philadelphia, Vol.04.02

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak P3M Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan bantuan pembiayaan sehingga penelitian ini bisa dilaksanakan. Begitu juga kepada pihak lain yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil diucapkan banyak terima kasih.