

Aplikasi Serbuk Limbah Nikel sebagai Bahan Substitusi Semen untuk Produksi Beton Struktural

Wahyudi. R¹, Muh. Ayinul Yaqin Hamzah²,
Hanafi Ashad³, Arsyad Fadhil⁴, Muh. Anwar Mappiasse⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panai Kang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹wahyudirahman911@gmail.com; ²muhammadayinulyaqinh@gmail.com
³hanafiashad@umi.ac.id; ⁴arsyad.fadhil@umi.ac.id; ⁵mappiasse.anwar@umi.ac.id

ABSTRAK

Pengertian dasar dari substitusi serbuk limbah nikel dengan semen adalah pencampuran material pengganti yang dapat ditukar atau menggantikan semen tanpa kehilangan nilai atau kegunaan material tersebut sehingga menjadi suatu campuran yang homogen. Limbah nikel merupakan hasil residu yang dihasilkan oleh industri peleburan baja salah satunya berupa limbah/slag secara fisik berbentuk seperti agregat kasar dan dihaluskan menjadi menyerupai semen. Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana pengaruh substitusi antara semen dan serbuk limbah nikel terhadap mutu beton yang dihasilkan, seberapa banyak serbuk limbah nikel slag yang bisa menghasilkan kuat tekan beton maksimum, dan bagaimana pengaruh serbuk limbah nikel terhadap karakteristik mekanik beton. Metode yang digunakan yaitu variasi pencampuran serbuk limbah nikel dari 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % dengan mutu rencana 60 Mpa diuji kuat tekan dan kuat tarik beton pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian didapatkan semakin tinggi pemakaian serbuk limbah nikel cenderung semakin rendah mutu beton yang dihasilkan, dari komposisi beton 5% sampai 20% tidak ada persentase yang menunjukkan kuat tekan maksimum atau tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan, serbuk limbah nikel tidak berpengaruh positif terhadap karakteristik beton, kuat tekan tertinggi pada variasi 0 % 65,64 Mpa dan terendah pada slag 20 % = 43,99 Mpa, hasil kuat tarik belah tertinggi pada variasi slag 0 % = 8,79 Mpa dan terendah pada slag 20 % = 4,25 Mpa.

Kata Kunci: Limbah nikel, beton, kuat tekan, kuat tarik belah

ABSTRACT

The basic definition of substituting nickel waste powder with cement is the mixing of a substitute material that can be exchanged or replaced with cement without losing the value or usefulness of the material so that it becomes a homogeneous. Nickel slag is the result of furnace combustion residue produced industry, one of which is slag waste which physically resembles coarse aggregate and is then mashed to become cement. This research will discuss how the effect of substitution between cement and nickel slag powder on the quality of the resulting concrete, how much nickel slag powder can produce the maximum concrete compressive strength, and how the effect of nickel waste powder on the mechanical characteristics of concrete. The method used is a variation of nickel slag mixing from 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% with a plan quality of 60 MPa, and the compressive strength and tensile strength of the concrete will be tested at the age of 28 days. From the research results, it was found that the higher the use of nickel slag tends to be the lower the quality of the concrete produced, from the concrete composition of 5% to 20%, no percentage shows the maximum compressive nail or does not meet the planned compressive strength, nickel slag has no positive effect on the characteristics concrete, the highest compressive strength at variation 0% 65.64 Mpa and the lowest at 20% slag = 43.99 Mpa, the highest split tensile strength at slag variation 0% = 8.79 Mpa and the lowest at 20%slag=4.25Mpa.

Keywords: Nickel slag, concrete, compressive strength, tensile strength

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Beton adalah suatu bahan yang terdiri dari agregat (pasir + batu), semen, dan air (yang juga dapat mengandung bahan dan bahan tambahan lainnya). Pengertian dasar dari substitusi serbuk limbah nikel dengan semen adalah Pencampuran material pengganti yang dapat ditukar atau menggantikan Semen tanpa kehilangan nilai atau kegunaan material tersebut sehingga menjadi suatu campuran yang homogen sesuai yang diharapkan/ sesuai spesifikasi.

Limbah nikel merupakan hasil dari residu tanur sembur yang dihasilkan oleh industri peleburan baja, salah satunya adalah limbah nikel yang secara fisik menyerupai agregat kasar. Dengan semangat perlindungan lingkungan, perusahaan penghasil limbah nikel mencari solusi untuk mendaur ulang limbah nikelnya. Limbah nikel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan agregat kasar untuk campuran aspal.

Kandungan kalsium oksida limbah tersebut adalah 42,30 n silikon dioksida 26,56%, yang harus diperhitungkan dari sifat kimia limbah nikel relatif terhadap campuran beton, yaitu kandungan CaO dan SiO₂. Dalam hal ini, CaO bebas dalam campuran beton bereaksi dengan air membentuk Ca(OH)₂ selama proses hidrasi dan reaksi ini menyebabkan pembengkakan pada beton. SiO₂ dalam campuran beton bereaksi dengan Ca(OH)₂ (kalsium hidroksida) membentuk CSH (kalsium silikat hidrat), yang mengurangi jumlah pori beton. Dengan mempelajari dan mengevaluasi sifat-sifat campuran, diharapkan reaksi campuran beton dengan terak nikel dapat dipahami.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini:

- 1) Bagaimana pengaruh substitusi antara semen dan Serbuk Nickel Slag terhadap Mutu Beton yang dihasilkan?
- 2) Seberapa banyak serbuk limbah nikel yang bisa menghasilkan kuat tekan beton maksimum?
- 3) Bagaimana pengaruh penggunaan serbuk limbah nikel terhadap karakteristik mekanik beton lainnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan maksud tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh substitusi antara semen dan serbuk nickel slag terhadap mutu beton yang dihasilkan.
- 2) Mengetahui komposisi serbuk limbah nikel yang cocok untuk Substitusi Semen sebagai produksi Beton struktural.
- 3) Mengetahui karakteristik mekanik beton mutu tinggi dengan pemakaian nickel Slag Sebagai bahan Substitusi Semen.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang sudah disebutkan, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

- 1) Limbah Nikel dari PT. ANTAM Tbk. dapat dimanfaatkan sebagai bahan Substitusi pembuatan Beton yang dapat mengurangi penimbunan limbah di Kawasan industry tersebut.
- 2) Pemanfaatan Serbuk Limbah Nikel Sebagai bahan Substitusi semen untuk menghasilkan Beton Struktural.

1.5 Batasan Penelitian

Beberapa lingkup permasalahan yang dibatasi agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a) Menggunakan variasi Serbuk Limbah Nikel sebagai komposisi pembuatan beton 0%, 5%, 10%, 15%, 20% .
- b) Mutu beton rencana 60 Mpa.

- c) Sampel beton yang digunakan berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm.
- d) Merk semen yang digunakan adalah semen Bosowa.
- e) Agregat halus yang digunakan berasal dari Waduk Bili-Bili.
- f) Agregat kasar yang digunakan berasal dari Kabupaten Maros.
- g) Limbah Nikel yang berasal dari PT. ANTAM Tbk, Kab. Kolaka Sulawesi Tenggara dan diolah berbentuk Agregat Halus dari PT. INDOFERRO, Ciligon – Banten Indonesia.
- h) Pengujian beton dilaksanakan saat beton berumur 7,14, dan 28 hari.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan bahan dan alat sebagai berikut:

Bahan Pembuatan Benda Uji

- a. Agregat dalam penelitian ini meliputi agregat halus yang lolos saringan 4,80 mm dan agregat kasar berupa batu pecah berukuran sampai dengan 20 mm. Agregat halus dari Pinlang dan agregat kasar dari Maros.
- b. Semen Portland menggunakan semen merek BOSOWA dan mengamati keadaan fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butir semen.
- c. Pada pembuatan benda uji dibandingkan dengan Subyek uji fabrikasi menggunakan air tanah yang berada di Universitas Islam Indonesia. Air ini akan membantu reaksi semen menjadi pasta semen yang dapat mengikat agregat setelah dituang.
- d. Limbah nikel merupakan limbah buangan dari industri PT. ANTAM Tbk. Sulawesi tenggara, Pomala kabupaten Kolaka yang membentuk liquid panas yang kemudian mengalami pendinginan sehingga membentuk batuan alam yang berpori. kemudian diolah dan dihaluskan menjadi berbentuk

semen di pabrik pengolahan yang ada di Jl. Sunan demak, Ciwandan – Ciligon

2.2 Peralatan

Peralatan terdiri dari 2 yaitu alat pembuatan benda uji dan alat untuk pengujian. Dapat dilihat dibawah ini:

Alat pembuatan benda uji

- 1. Saringan, Cetakan silinder, Ember, Talam, Palu karet, Gelas ukur, Gerobak dorong, Kerucut Abrams, , Sendok semen (cetok), Penggaris, Sekop, Timbangan, dan Tongkat pemadat.
- 2. Alat Pengujian
 - a. Cetakan capping
 - b. Compressing Test Machine (CTM).
 - c. Concrete Mixer
 - d. Oven

2.3 Tahapan Pengujian

Pada penelitian Tugas Akhir ini langkah-langkah dan tahapan penelitian yang akan dilaksanakan sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan Bahan Susun Beton.
 - 1) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada ASTM C128 / SNI 03-1970
 - 2) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada ASTM C127 / SNI 03-1969
 - 3) Pengujian saringan agregat halus dan agregat kasar mengacu pada ASTM C136 / C136M-14
 - 4) Pengujian massa isi agregat halus dan agregat kasar mengacu pada STM C29 / SNI 4804
 - 5) Pengujian kadar lumpur agregat halus mengacu pada ASTM C117 / ASTM-SNI C117
- b. Perencanaan campuran
Perencanaan pencampuran dilakukan sesuai SNI 03-2834-2000. dilakukan berdasarkan hasil pengujian masing-masing komponen sebelumnya yang disediakan dalam campuran beton,

dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air.

c. Pembuatan Benda Uji.

d. Pengujian Beton

Pada tahap ini pengujian beton untuk silinder yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Pengujian slump test beton segar dilakukan sebelum beton dituangkan kedalam cetakan silinder benda uji. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada SNI 1972-2008.
- 2) Pengujian kuat tekan beton mengacu ke SNI 03-1974-2011 pengujian pada skala laboratorium dan penggunaan peralatan yang sederhana, yang dilakukan pada beton yang berumur 7,14 dan 28 hari.
- 3) Pengujian kuat tarik belah beton. mengacu ke SNI 03-2491-2002, pengujian pada skala laboratorium dan penggunaan peralatan yang sederhana, sampel benda uji

silinder berukuran 15x30 cm di bebani pada penampang memanjang dengan beban yang ditingkatkan bertahap.

- 4) Analisis Data dan Pembahasan.
- 5) Penarikan kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil data penelitian dianalisis dan didiskusikan untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan. Hasil kajian yang dilakukan peneliti dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Islam Indonesia ini dimulai dengan pengujian komposisi beton, perencanaan campuran beton, dan pencampuran komponen beton dan pengujian beton.

3.1 Karakteristik Material Penyusun

Beton

- a. Pemeriksaan Agregat Halus Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan karakteristik antara lain, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Analisa saringan agregat halus (pasir)

Ukuran Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos kumulatif
2,38	273	14,1	14,1	85,9
1,19	531	27,4	41,5	72,6
0,59	1078	55,7	83,1	44,3
0,297	1507	77,9	133,6	22,1
0,149	1905	98,4	176,3	1,6

Tabel 2 Pemeriksaan karakteristik agregat halus (pasir)

No	Karakteristik pemeriksaan agregat halus	Nilai	Spesifikasi
1.	Modulus Kehalusan Agregat	2,74	2,2-3,1
2.	Kadar air	1,301 %	3-5 %
3.	Massa isi (padat)	1,589 kg/ltr	1,4-1,9 kg/ltr
4.	Massa isi (gembur)	1,496 kg/ltr	1,4-1,9 kg/ltr
5.	Specific gravity	2,552	1,6-3,2
6.	Absrosi (Penyerapan Air)	2,674 %	≤ 2 %
7.	Kadar lumpur	3,219 %	1-5 %

- b. Pemeriksaan Agregat Kasar Pada pemeriksaan karakteristik antara penelitian ini dilakukan lain, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Analisa saringan agregat kasar (batu pecah)

Ukuran Saringan (mm)	Berat tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan kumulatif	% Lolos kumulatif
19,1	13	0,87	0,87	99,13
12,7	631	42,07	42,94	57,93
9,52	1189	79,27	121,34	20,73
4,75	1482	98,80	178,07	1,20

Tabel 4 Pemeriksaan karakteristik agregat kasar (Batu Pecah)

No.	Karakteristik pemeriksaan agregat kasar	Nilai	Spesifikasi
1.	Modulus kehalusan agregat	7,21	6,0-71
2.	Kadar air	1,301 %	-
3.	Massa isi padat	1,400 kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr
4.	Massa isi gembur	1,245 kg/ltr	1,2-1,75 kg/ltr
5.	Specific gravity	2,574	2,4-2,9
6.	Absrosi	2,424 %	≤ 3 %
7.	Kadar lumpur	0,795 %	≤ 1 %
8.	Keausan	13,085 %	≤ 40 %

- c. Pemeriksaan Nikel Slag pada pemeriksaan material antara lain, penelitian ini dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Hasil pemeriksaan nikel slag

No	Karakteristik pemeriksaan nikel slag	Nilai	Spesifikasi
1.	Berat Jenis	3,118	-
2.	Massa isi padat	1,250 kg/ltr	-
3.	Massa isi gembur	1,060 kg/ltr	-

Serbuk limbah nikel merupakan salah satu limbah padat dari hasil penambangan dan proses pengolahan nikel. Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan karakteristik antara lain:

- 1) Pemeriksaan Berat Jenis Serbuk Limbah Nikel
- 2) Pada penelitian ini digunakan metode ASTM C188 / SNI 2531 Adapun hasil pemeriksaan yang diperoleh dapat dilihat seperti pada tabel 4.5.
- 3) Pemeriksaan Massa Isi Serbuk Limbah Nikel
- 4) Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan atau mengetahui massa

isi Limbah Nikel dalam kondisi gembur dan padat.

3.2 Proporsi Komposisi Beton

Pada peneilitian ini perencanaan komposisi beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000.

Komposisi beton yang digunakan menggunakan 5 variasi yaitu beton normal, beton menggunakan tambahan bahan Nickel Slag sebanyak 5 %, 10%, 15%, dan 20% .

Job Mix Design dasar yang digunakan menggunakan perhitungan JMD beton dengan komposisi beton normal. Komposisi beton dalam 1 m³ pada dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6 Komposisi beton dalam 1 m³

Material	Sat	Nikel Slag				
		0%	5%	10%	15%	20%
Semen	Kg	524	498	472	446	419
Nikel	Kg	-	26,21	52,41	78,62	104,83
Pasir	m ³	641,5	641,5	641,5	641,5	641,5
Split	m ³	1092	1092	1092	1092	1092
Air	Ltr	152	152	152	152	152
Admixture	Kg	4,72	4,48	4,25	4,01	3,77

Tabel 7 Komposisi beton masing-masing variasi untuk 9 benda uji

Material	Sat	Nikel Slag				
		0%	5%	10%	15%	20%
Semen	Kg	25,00	23,75	22,50	21,25	20,00
Nikel	Kg	-	1,25	2,50	3,75	5,00
Pasir	m ³	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
Split	m ³	52,1	52,1	52,1	52,1	52,1
Air	Ltr	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Admixture	Kg	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18

3.3 Pengujian slump

Menurut SNI 03-1972-2008 slump beton merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump

diangkat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan (workability) dari sebuah adukan beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8 Hasil pengujian slump

No	Variasi Campuran	Slump Tinggi	Slump Flow	
		(cm)	Vertikal (cm)	Horisontal (cm)
1	0%	27	60	64
2	5%	28	66	64
3	10%	25	54	58
4	15%	21	34	32
5	20%	24,5	52	47

Pada pencampuran adukan beton pemberian variasi substitusi slag nikel memberikan hasil nilai slump yang berbeda. Berdasarkan Tabel 8 hasil pengujian yang diperoleh tentang nilai slump menunjukan bahwa semakin besar persentase variasi slag nikel, maka semakin turun nilai slumpnya, artinya campuran beton semakin kental.

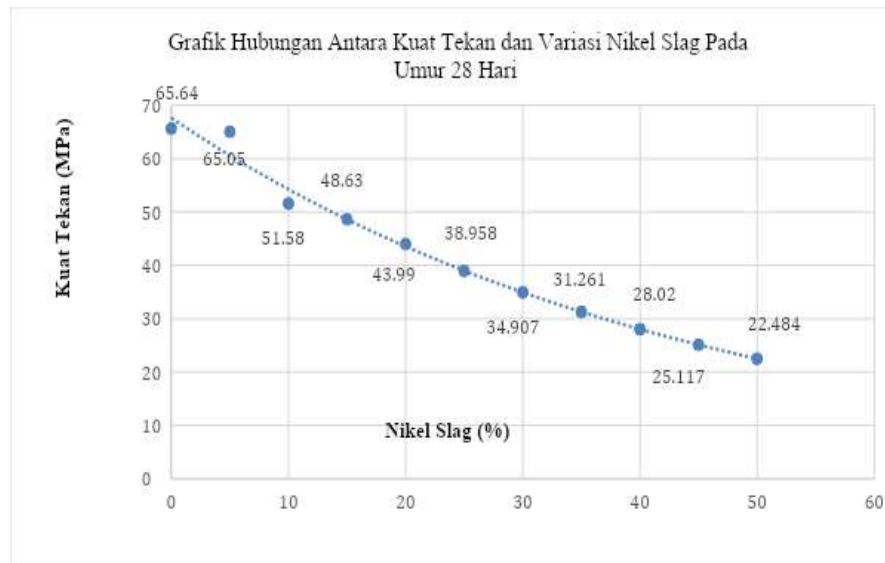
3.4 Sifat-Sifat Mekanik Beton

a. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dari pemberian gaya, Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9 Hasil pengujian kuat tekan beton 28 hari

Kode Benda Uji	Tanggal	Umur	Massa Benda Uji	Dimensi		Luas Bidang	Gaya Tekan	Kuat Tekan	
				L	D				
	Mix	Test	(hari)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11=10/9
Slag 0%	08/08/2020	05/09/2020	28	12,77	300	150	17662,5	1159	65,64
Slag 5%	08/08/2020	05/09/2020	28	13,28	300	150	17662,5	1149	65,05
Slag 10%	08/08/2020	05/09/2020	28	13,21	300	150	17662,5	911	51,58
Slag 15%	08/08/2020	05/09/2020	28	13,11	300	150	17662,5	859	48,63
Slag 20%	08/08/2020	05/09/2020	28	13,24	300	150	17662,5	777	43,99



Gambar 1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan variasi nikel slag pada umur 28 hari

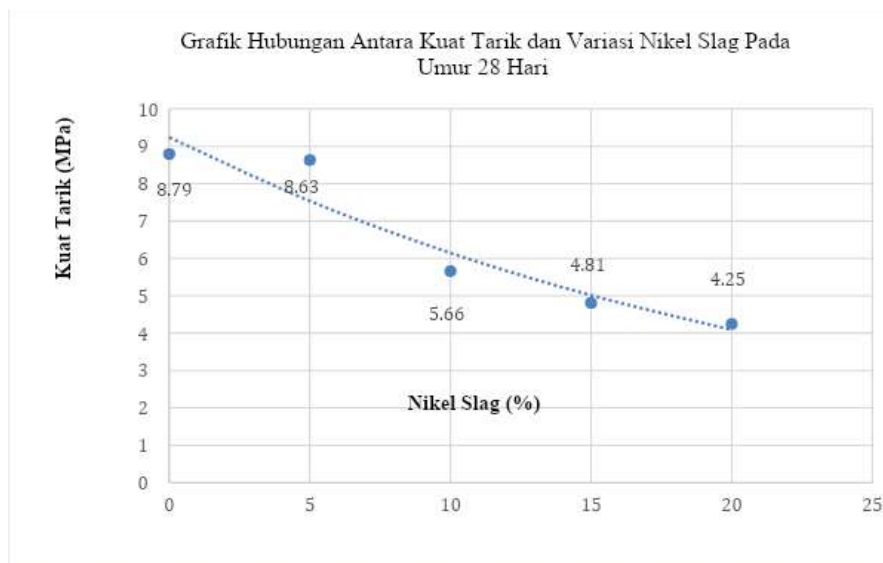
Berdasarkan hasil grafik di atas, penggunaan nickel slag 0% - 20% dengan variasi setiap 5% cenderung menunjukkan pola persamaan yang bersifat eksponensial, dengan persamaan model tersebut maka penggunaan nickel slag cocok di gunakan hanya pada beton rendah (Low Strength Concrete) yaitu $F_c' < 20$ Mpa.

b. Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dari pemberian gaya oleh alat tekan. Benda uji yang dilakukan pengujian kuat tarik sebanyak 1 buah pada masing-masing komposisi. Hasil rekapitulasi pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12 Hasil pengujian kuat tarik beton

Umur	Nickel Slag (%)	Berat (Kg)	Tinggi Sampel (mm)	Dia. Sampel (mm)	Pmax (kN)	Kuat Tarik (MPa)
28 Hr	0%	12,38	300	150	632	8,79
	5%	12,46	300	150	610	8,63
	10%	12,39	300	150	400	5,66
	15%	12,42	300	150	340	4,81
	20%	12,44	300	150	300	4,25



Gambar 4 Grafik hubungan antara kuat tarik dan variasi nikel slag pada umur 28 hari

Berdasarkan hasil grafik tersebut di atas, penggunaan Serbuk Limbah Nikel 0% - 20% dengan variasi setiap 5% adalah

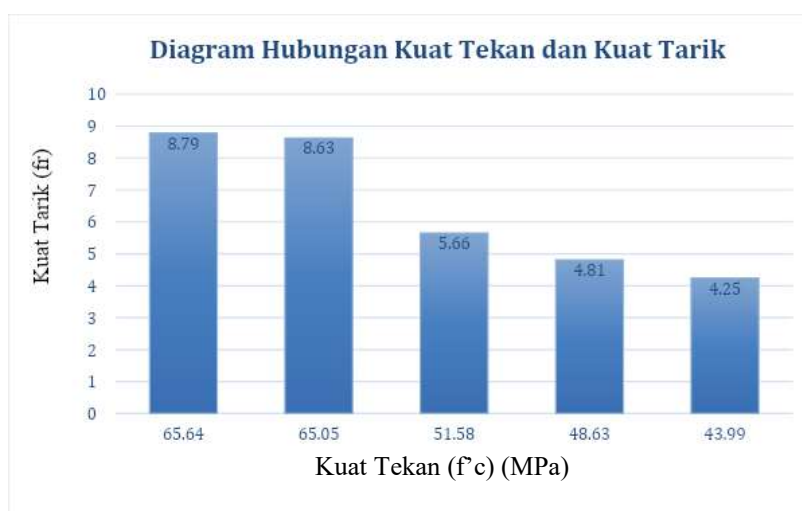
mengikuti pola yang ditunjukkan oleh grafik hubungan antara kuat tekan, sehingga terjadi pola yang sama.

Tabel 13 Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton

Umur	Nickel Slag (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
28 Hr	0%	65,64	8,79
	5%	65,05	8,63
	10%	51,58	5,66
	15%	48,63	4,81
	20%	43,99	4,25

c. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton

Hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dapat dilihat Pada Tabel dan grafik berikut.



Gambar 5 Diagram hubungan antara kuat tekan dan kuat Tarik

Persamaan yang didapat dari hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton yaitu :

$$y = 0,2171x - 5,5084$$

dengan:

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan 65,64 Mpa memiliki nilai kuat tarik sebesar 8,79 MPa , kuat tekan 65,05 Mpa memiliki nilai kuat tarik sebesar 8,63 MPa, kuat tekan 51,58 Mpa memiliki nilai kuat tarik sebesar 5,66 MPa, kuat tekan 48,63 Mpa memiliki nilai kuat tarik sebesar 4,81 MPa dan kuat tekan 43,99 Mpa memiliki nilai kuat tarik sebesar 4,25 MPa. Dari grafik tersebut dapat dilihat hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton yaitu semakin tinggi kuat tekan beton maka kuat tarik akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan dari penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Dari hasil penelitian yang didapatkan semakin tinggi pemakaian Serbuk Nickel Slag cenderung semakin rendah mutu beton yang dihasilkan
- 2) Dari kelima variasi komposisi beton 5% sampai 20% tidak ada persentase yang menunjukkan kuat tekan beton maksimum atau tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan yaitu 60 Mpa. Bahkan Serbuk Nickel Slag tidak berkontribusi terhadap kekuatan beton apabila di substitusikan dengan semen.
- 3) Dari hasil penelitian yang dilakukan, Serbuk Nickel Slag tidak berpengaruh positif terhadap karakteristik mekanik beton lainnya. Kuat tekan tertinggi umur 28 hari pada variasi Serbuk Nickel Slag 0% = 65,64 Mpa dan terendah variasi Serbuk Nickel Slag 20% = 43,99 Mpa, kuat tarik belah tertinggi pada variasi Serbuk

$$y = f_r \text{ (kuat tarik beton)}$$

$$x = f'_c \text{ (kuat tekan beton)}$$

jadi,

$$f_r = 0,2171f'_c - 5,5084$$

Nickel Slag 0% = 8,79 Mpa dan terendah variasi slag 4,25 Mpa.

4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi saran untuk penelitian agar mendapatkan hasil yang sesuai. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya:

- 1) Perlunya penelitian yang lebih lanjut pada penggunaan Serbuk Nickel Slag dan variasi Serbuk Nickel Slag yang digunakan agar dalam perencanaan mutu beton dapat tercapai.
- 2) Perlu diteliti tentang Serbuk Nickel Slag, agar dalam perencanaan substitusi antara semen dengan Serbuk Nickel Slag dapat menghasilkan kuat tekan maksimum.
- 3) Proporsi beton perlu ditetapkan dengan mempertimbangkan kepentingan kekuatan awal, temperatur perawatan dan properti serbuk limbah nikel, semen portland, dan material beton lainnya.
- 4) Perlunya penelitian lanjutan dalam substitusi semen, Serbuk Nickel Slag hanya dapat digunakan pada mutu beton rendah (*Low Strength Concrete*).

Daftar Pustaka

- ASTM C128 / SNI 03-1970. *Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C127 / SNI 03-1969. *Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C136 / C136M-14. *Pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C29 / SNI 4804. *Pengujian massa isi agregat halus dan agregat*

- kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C117 / ASTM-SNI C117. *Pengujian kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2834-2000. *Perencanaan campuran (mix design)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1972-2008. *Pengukuran slump*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-2011. *Pengujian kuat tekan beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2491-2002. *Pengujian kuat tarik beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.