



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No. 01/TA/D3-KG/2022

TUGAS AKHIR

Sifat Mekanis Beton dengan Substitusi *Slag* Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-III

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh :

Shofie Rania Salsabila

NIM 1901311043

Viona Seren

NIM 1901311039

Pembimbing :

Erlina Yanuarini, S.T., M.T.

NIP 198901042019032013

PROGRAM STUDI D-III KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul:

**SIFAT MEKANIS BETON DENGAN SUBSTITUSI SLAG NIKEL SEBAGAI
AGREGAT KASAR PADA PERENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR**

Yang disusun oleh:

Shofie Rania Salsabila (NIM 1901311043)

Viona Seren (NIM 1901311039)

Telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam

Sidang Tugas Akhir

Dosen Pembimbing,

Erlina Yanuarini, S.T., M.T.

NIP 198901042019032013



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul :

SIFAT MEKANIS BETON DENGAN SUBSTITUSI SLAG NIKEL SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA PERENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR yang disusun oleh **Shofie Rania Salsabila (NIM 1901311043)** dan **Viona Seren (1901311039)** telah dipertahankan dalam **Sidang Tugas Akhir** di depan Tim Penguji pada hari Rabu tanggal 27 Juli 2022

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Amalia, S.Pd., S.S.T., M.T. NIP. 197401311998022001	
Anggota	Muhtarom Riyadi, Drs., S.S.T., M.Eng. NIP. 195912301985031002	
Anggota	Lilis Tiyani S.T., M.Eng. NIP. 199504132020122025	

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**



Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars.

NIP. 197407061999032001

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Proyek Akhir berjudul :

Sifat Mekanis Beton dengan Substitusi *Slag* Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar

Disusun Oleh:

Shofie Rania Salsabila (1901311043)

Viona Seren (1901311039)

Dengan ini kami menyatakan:

1. Tugas akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya, baik yang ada di Politeknik Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Tugas akhir yang dibuat ini adalah serangkain gagasan, rumusan dan penelitian yang telah saya buat sendiri, tanpa bantuan pihak lain terkecuali arahan tim Pembimbing dan Penguji.
3. Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Depok, 19 Agustus 2022

Yang menyatakan,

(Shofie Rania Salsabila)

(Viona Seren)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Sifat Mekanis Beton dengan Substitusi *Slag* Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi D3 Konstruksi Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak serta merta hadir tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Erlina Yanuarini, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang dengan rasa sabar memberikan arahan serta saran yang baik dalam proses penyusunan Tugas Akhir dari awal hingga tahap penyelesaian.
3. Dyah Nurwidyaningrum, Dr., S.T., M.M., M.Arc. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D3 Konstruksi Gedung.
5. Rinawati, S.T., M.T. selaku Koordinator KBK Struktur dan Material.
6. Anis Rosyidah, S.Pd., S.ST., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberi izin penggunaan laboratorium untuk melakukan penelitian.
7. Sukarman, S.Pd., M.Eng. dan Lilis Tiyani S.T., M.Eng. selaku tim penelitian beton.
8. Kusno Wijayanto, S.Tr. dan Nedyia Sonelma, S.Tr.T. selaku Pranata Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah membantu dalam mempersiapkan peralatan pengujian.
9. Pak Indra selaku Kepala Plant PT. Growth Java Industry yang telah membantu dalam pemberian *Slag* Nikel untuk penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



10. Muhammad Haikal Kemal, Alfi Rayhan Endita, Nur Ardan Wiji Pangestu, Audyvivid A.B Simatupang, Ikbar Alifa Affandi, Alwi Rahman, Aldorino Lemuel Bonafasius Saragih, Muhammad Ryan Renaldy, Yoga Rizky Perdana, Auliatuzzahra, dan Salsa Aulia Afifa selaku teman penulis yang telah membantu dalam pembuatan benda uji di laboratorium.
11. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta khususnya kelas 3 Konstruksi Gedung 2 yang saling membantu dan memberi dukungan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari pembaca. Pada akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik untuk penulis, maupun bagi semua pihak yang membacanya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan terdapat banyak kekurangan.

Depok, Juli 2022

Penulis

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Pada umumnya, proses perawatan beton menggunakan air bersih yang tidak mengandung bahan kimia atau kandungan lain yang dapat merusak beton. Sementara itu, bangunan beton yang berada di sekitar laut akan mengalami kontak langsung dengan air laut sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanis beton. Sifat mekanis beton menunjukkan kualitas dari beton tersebut. Penumpukan limbah *slag* nikel mempunyai sifat ekonomis yang minim, selain itu secara visual *slag* nikel menyerupai agregat alami, sehingga perlu dilakukan penelitian penggunaan limbah *slag* nikel sebagai substitusi agregat kasar dengan perendaman air laut dan air tawar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji beton dengan variasi B.BP, L.BP, B.SN, dan L.SN yang diuji kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur balok beton pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *slag* nikel sebagai substitusi agregat kasar pada perendaman air laut dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 18,54%, kuat tarik belah sebesar 69,78%, dan kuat lentur balok sebesar 0,71%.

Kata kunci : Kuat lentur balok, kuat tarik belah, kuat tekan, perendaman, *slag* nikel.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Jenis-Jenis Beton	5
2.2.1 Beton Ringan.....	5
2.2.2 Beton Normal	5
2.2.3 Beton Berat.....	6
2.3 Sifat dan Karakteristik Beton	6

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.1	Sifat - Sifat Beton.....	6
2.3.2	Karakteristik Beton Segar	8
2.3.3	Sifat Mekanis Beton Keras.....	9
2.4	Bahan Pembentuk Beton	12
2.4.1	Semen Portland	12
2.4.2	Agregat.....	18
2.4.3	Air	26
2.4.4	Bahan Tambahan (<i>Admixture</i>)	27
2.5	<i>Slag</i> Nikel.....	27
2.6	<i>Fly Ash</i>	28
2.7	Air Laut	29
2.8	Penelitian Terdahulu.....	30
BAB III METODE PEMBAHASAN		33
3.1	Lokasi Penelitian	33
3.2	Peralatan Penelitian.....	33
3.2.1	Perlengkapan K3.....	33
3.2.2	Peralatan dalam Proses Pengujian.....	34
3.3	Bahan Penelitian dan Benda Uji.....	34
3.3.1	Bahan Penelitian.....	34
3.3.2	Variasi Benda Uji.....	35
3.3.3	Jumlah Benda Uji.....	35
3.4	Prosedur Pengujian Material	36
3.4.1	Pengujian Agregat Kasar.....	36
3.4.2	Pengujian Agregat Halus.....	41
3.4.3	Pengujian <i>Fly Ash</i>	47



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.5	Prosedur Pembuatan Beton	48
3.6	Pengujian Beton Segar	49
3.7	Metode Analisis Data	51
3.8	Pengujian Beton Keras	51
3.9	Prosedur Penelitian.....	56
3.10	Luaran.....	58
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Data	59
4.1.1	Data Pengujian Agregat Kasar.....	59
4.1.2	Data Pengujian Agregat Halus.....	66
4.1.3	Data Pengujian <i>Slag</i> Nikel	72
4.1.4	Data Pengujian <i>Fly Ash</i>	78
4.1.5	Analisis Rancangan Campuran Beton.....	79
4.1.6	Data Pengujian Beton Segar	88
4.2	Pembahasan	92
4.2.1	Kuat Tekan Beton dengan Substitusi <i>Slag</i> Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar	92
4.2.2	Kuat Tarik Belah Beton dengan Substitusi <i>Slag</i> Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar	105
4.2.3	Kuat Lentur Balok Beton dengan Substitusi <i>Slag</i> Nikel sebagai Agregat Kasar pada Perendaman Air Laut dan Air Tawar	107
BAB V PENUTUP		110
5.1	Kesimpulan.....	110
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA		112
LAMPIRAN.....		115



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gradasi Agregat Halus Berdasarkan SNI 2834-2000	23
Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Halus Berdasarkan ASTM C 33	23
Tabel 2. 3 Gradasi Agregat Kasar Berdasarkan SNI 2834-2000	24
Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Kasar Berdasarkan ASTM C 33	24
Tabel 3. 1 Variasi Campuran Beton	35
Tabel 3. 2 Jumlah Sample Benda Uji Variasi	35
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	59
Tabel 4. 2 Data Pengujian Berat Isi dan <i>Voids</i> Agregat Kasar	60
Tabel 4. 3 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	62
Tabel 4. 4 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	63
Tabel 4. 5 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar	64
Tabel 4. 6 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	66
Tabel 4. 7 Data Pengujian Berat Isi Agregat Halus	67
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	69
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	70
Tabel 4. 10 Data Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	71
Tabel 4. 11 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air <i>Slag</i> Nikel	72
Tabel 4. 12 Data Pengujian Berat Isi dan <i>Voids Slag</i> Nikel	74
Tabel 4. 13 Data Pengujian Kadar Air <i>Slag</i> Nikel	75
Tabel 4. 14 Data Pengujian Kadar Lumpur <i>Slag</i> Nikel	76
Tabel 4. 15 Data Pengujian Analisa Ayak <i>Slag</i> Nikel	77
Tabel 4. 16 Data Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	79
Tabel 4. 17 Tabel Kebutuhan Bahan Variasi BP Tiap m ³	82
Tabel 4. 18 Kebutuhan Bahan Variasi BP Tiap m ³ Setelah Koreksi	83
Tabel 4. 19 Kebutuhan Bahan Variasi SN Tiap m ³	87
Tabel 4. 20 Tabel Kebutuhan Bahan Variasi SN Tiap m ³ Setelah Koreksi	88
Tabel 4. 21 Tabel Kebutuhan Bahan Untuk 18 Benda Uji (15 Silinder + 3 Balok)	88
Tabel 4. 22 Data Hasil Pengujian <i>Slump</i>	89

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 23 Data Pengujian Berat Isi Beton	89
Tabel 4. 24 Data Pengujian Waktu Ikat	91
Tabel 4. 25 Contoh Perhitungan Waktu Ikat Beton	91
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Waktu Ikat	91
Tabel 4. 27 Data Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton pada Umur 7 Hari	93
Tabel 4. 28 Data Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton pada Umur 14 Hari	94
Tabel 4. 29 Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton pada Umur 21 Hari	95
Tabel 4. 30 Hasil Analisis Perhitungan Uji Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari	97
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Beton	98
Tabel 4. 32 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas B.BP.....	101
Tabel 4. 33 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas L.BP.....	102
Tabel 4. 34 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas B.SN	102
Tabel 4. 35 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas L.SN.....	103
Tabel 4. 36 Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	105
Tabel 4. 37 Data Pengujian Kuat Lentur Balok	108

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis <i>Slump</i>	8
Gambar 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian	57
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Ayak Agregat Kasar	65
Gambar 4. 2 Grafik Analisa Ayak Agregat Halus	72
Gambar 4. 3 Diagram Analisa Ayak <i>Slag</i> Nikel.....	78
Gambar 4. 4 Perkiraan Kadar Air Bebas Variasi BP	80
Gambar 4. 5 Perkiraan Berat Isi Beton Variasi BP.....	82
Gambar 4. 6 Perkiraan Kadar Air Bebas Variasi SN.....	85
Gambar 4. 7 Perkiraan Berat Isi Beton Basar Variasi SN.....	86
Gambar 4. 8 Data Hasil Uji <i>Slump</i>	89
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Berat Isi Beton Segar	90
Gambar 4. 10 Grafik Waktu Ikat Awal Beton	92
Gambar 4. 11 Diagram Kuat Tekan Rata-rata 7 Hari	93
Gambar 4. 12 Diagram Kuat Tekan Rata-rata 14 Hari	95
Gambar 4. 13 Diagram Kuat Tekan Rata-rata 21 Hari	96
Gambar 4. 14 Diagram Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari	98
Gambar 4. 15 Diagram Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata	99
Gambar 4. 16 Diagram Modulus Elastisitas	103
Gambar 4. 17 Diagram Perbandingan Modulus Elastisitas Hasil Pengujian dengan Perhitungan Teoritis SNL.....	104
Gambar 4. 18 Diagram Kuat Tarik Belah Rata-Rata	106
Gambar 4. 19 Diagram Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah	107
Gambar 4. 20 Diagram Kuat Lentur Rata-Rata	109
Gambar 4. 21 Perbandingan Nilai Kuat Lentur Balok	110

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, penerbitan laporan, penerbitan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat yang Digunakan.....	116
Lampiran 2 Bahan yang Digunakan.....	117
Lampiran 3 Proses Pengujian Bahan dan Beton Segar.....	118
Lampiran 4 Proses pengujian beton keras.....	119
Lampiran 5 Spesifikasi Semen PCC Tiga Roda	120
Lampiran 6 Sifat Fisik <i>Slag</i> Nikel PT. Growth Java Industry	121



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material yang paling umum digunakan untuk sebuah bangunan. Beton sering dipilih karena faktor ekonomis, bahan yang mudah ditemukan, perawatan yang mudah, dan bentuknya dapat disesuaikan. Pada dasarnya beton tersusun dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan tambahan/*admixture (optional)*. Seiring perkembangan zaman, inovasi pada beton semakin meluas. Perkembangan pada beton biasanya dalam penggunaan material penyusun, seperti menggunakan limbah industri dan penyesuaian lingkungan dimana penggunaan beton dipakai.

Dalam pembuatan beton, hal yang berpengaruh terhadap keawetan (*durability*) beton, salah satunya adalah perawatan (*curing*). Pada umumnya, proses perawatan (*curing*) beton menggunakan air bersih yang tidak mengandung bahan kimia atau kandungan lain yang dapat merusak beton. Sementara itu, bangunan beton yang berada di sekitar laut akan mengalami kontak langsung dengan air laut. Menurut (Putri Prastuti, 2017), air laut mengandung 96,5% air murni dan 3,5% unsur seperti garam, gas terlarut, bahan organik, dan partikel tidak terlarut. Batu-batuan dan tanah pada laut dipenuhi dengan kandungan garam mineral yang mengandung senyawa seperti natrium, kalium, kalsium, dll. Hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanis beton. Sifat mekanis beton dapat menunjukkan kualitas dari beton tersebut. Hal ini dikarakteristiki oleh perawatan beton, proporsi bahan penyusun, dan metode perancangan beton. Perancangan sifat mekanis beton digunakan untuk menghasilkan beton yang sesuai kebutuhan dalam penggunaannya.

Jumlah limbah *slag* nikel kian hari kian menumpuk, karena setiap proses pemurnian satu ton produk nikel menghasilkan limbah padat 50 kalinya, setara 50 ton (Aprianto & Triastianti, 2018). Menurut (Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, 2020), jumlah produksi *slag* nikel mencapai 13 juta ton pertahun. Penumpukan limbah

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

slag nikel ini mempunyai minimnya nilai ekonomis, selain itu secara visual, bentuk fisik dari *slag* nikel menyerupai agregat alami, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menggunakan limbah padat tersebut sebagai bahan pembentuk beton baik sebagai agregat kasar maupun halus. (Muhsar & Kadir, 2021).

Komposisi kimia *slag* nikel terdiri dari Silika 41,47%, Ferri Oksida 30,44%, Alumina 2,58%, Magnesia 22,75%, dan Alkalis 0,68%. Komposisi silika yang tinggi pada *slag* nikel, diharapkan dapat memperkuat proses hidrasi yang terjadi antara pasta semen dan agregat sehingga diperoleh kenaikan kekuatan beton. (Purnama et al., 2016). Selain itu penambahan *fly ash* pada beton dapat mempengaruhi durabilitas, *workability* atau kemudahan dalam pengerjaan beton, serta kuat tekan pada umur akhir yang lebih tinggi dari beton tanpa *fly ash*. (Lianasari & Aji, 2017)

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang sifat mekanis beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar. Sifat mekanis beton yang diidentifikasi pada penelitian ini meliputi kuat tekan umur 7, 14, 21, 28 hari, kuat tarik belah, dan kuat lentur balok beton umur 28 hari.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tugas akhir ini, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana kuat tekan beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar?
2. Bagaimana kuat tarik belah beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar?
3. Bagaimana kuat lentur balok beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar?

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Air laut yang digunakan untuk proses perendaman berasal dari Ancol, Jakarta Utara. Pengambilan air laut dilakukan sejauh 300 m dari daratan. Tidak dilakukan pengujian fisika maupun kimia terhadap air laut yang digunakan.
2. Pengujian terhadap air tawar tidak dilakukan karena menggunakan air dari Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang secara visual bahwa air tersebut tidak bewarna, tidak berasa, dan tidak berbau.
3. Sifat fisik dan kimia terhadap semen, *slag* nikel, dan *fly ash* tidak dilakukan pengujian.
4. Semen yang digunakan adalah semen portland PCC, *slag* nikel sebagai agregat kasar, dan *fly ash* tipe F. Material semen, *slag* nikel, dan *fly ash* dalam kondisi berasal dari tempat penyimpanan yang kedap udara dan uap air sehingga tidak perlu dilakukan pengujian.
5. *Fly ash* yang digunakan sebesar 12,5%
6. Pengujian agregat, meliputi : berat jenis, bobot isi, kadar air, kadar lumpur, dan analisa ayak. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku.
7. Pengujian beton segar, meliputi : uji *slump*, bobot isi, dan waktu ikat awal. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku.
8. Pengujian beton keras, meliputi : uji tekan & modulus elastisitas, uji tarik belah, dan uji lentur balok pada umur 7, 14, 21, dan 28. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku.

1.4 Tujuan

Tujuan khusus dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengidentifikasi kuat tekan beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar.
2. Mengidentifikasi kuat tarik belah beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar.
3. Mengidentifikasi kuat lentur balok beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun berdasarkan pedoman penulisan tugas akhir.

Adapun sistematika yang digunakan, terdiri atas 5 (lima) bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri atas literatur mengenai beton, bahan-bahan penyusun beton, *slag* nikel, air laut, dan penelitian terdahulu.

BAB III METODE PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas metode yang digunakan dalam melakukan analisis rancangan penelitian, metode yang digunakan dan tahapan penelitian.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas data dan pembahasan pengujian material beton, analisis rancangan beton, dan pengujian sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur balok) beton.

BAB V PENUTUP

Bab ini terdiri atas kesimpulan dan saran dari penelitian tugas akhir.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sifat mekanis beton dengan substitusi *slag* nikel sebagai agregat kasar pada perendaman air laut dan air tawar, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan nilai kuat tekan umur 28 hari, nilai kuat tekan beton tertinggi dihasilkan oleh variasi L.SN yaitu sebesar 23,5 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah dihasilkan oleh variasi L.BP yaitu sebesar 18,3 MPa. Beton variasi L.BP terhadap beton variasi B.BP mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 7,98%, sedangkan pada beton variasi B.SN dan L.SN terjadi kenaikan berturut-turut sebesar 7,51% dan 18,54%.
2. Berdasarkan nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari, nilai kuat tarik belah tertinggi dihasilkan oleh beton variasi L.SN sebesar 2,15 MPa, sedangkan yang terendah dihasilkan oleh beton variasi L.BP sebesar 1,00 MPa. Pada variasi B.SN dan L.SN nilai kuat tarik belah beton mengalami kenaikan sebesar 53,73% dan 69,78%, sebaliknya beton variasi L.BP mengalami penurunan sebesar 21,27% terhadap variasi B.BP.
3. Berdasarkan nilai kuat lentur balok pada umur 28 hari, nilai kuat lentur balok beton tertinggi dihasilkan oleh beton variasi L.SN sebesar 1,56 MPa dan nilai terendah yaitu variasi B.BP dan L.BP sebesar 0,91 MPa. Pada variasi B.SN dan L.SN terhadap variasi B.BP mengalami kenaikan nilai kuat lentur balok sebesar 0,43% dan 0,71%, sedangkan pada variasi L.BP tidak ada kenaikan ataupun penurunan terhadap variasi B.BP.



5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan, ialah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *slag* nikel sebagai substitusi agregat kasar pada beton dengan berbagai persentase penggunaan untuk mendapatkan hasil yang optimum.
2. Pada saat proses pengadukan pastikan bahan tidak menempel dengan alat sehingga tidak perlu penambahan air.
3. Untuk bahan pengikat hidrolis disarankan menggunakan semen jenis tipe PPC, semen OPC tipe 2 atau 5.
4. Untuk penggunaan material agregat berat *slag* nikel disarankan untuk diteliti penggunaannya lebih lanjut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR PUSTAKA

- Adriani. (2020). Pemanfaatan Air Laut Sebagai Sumber Cadangan Energi Listrik. *Vertex Elektro*, 12(02), 3–4. <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/vertex/article/download/4019/2744>
- American Concrete Insitute. (1992a). *ACI 363R-92, State of the Art Report on High Strength Concrete*.
- American Concrete Insitute. (1992b). *ACI 363R-92, State of the Art Report on High Strength Concrete*.
- American Concrete Insitute. (1992c). *ACI 363R-92, State of the Art Report on High Strength Concrete*.
- American Concrete Insitute. (1992d). *ACI 363R-92, State of the Art Report on High Strength Concrete*.
- American Standard Testing and Materials International. (n.d.). *Standard Specification for Concrete Aggregates 1*.
- Aprianto, Y., & Triastianti, R. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Padat Slag Nikel, Abu Sekam Padi, dan Fly Ash Menjadi Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). *SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1968-1990, Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SKSNI T-15-1991, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998). *SNI 03-4804-1998, Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). *SNI 1969-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). *SNI 1970:2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Badan Standardisasi Nasional. (2008c). *SNI 4156-2008, Cara Uji Bleeding Beton Segar*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). *SNI 1971:2011, Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011b). *SNI 1974:2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7974-2013, Spesifikasi Air Pencampur yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis (ATM C1602-06, IDT)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 2491:2014, Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847-2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standardisasi Nasional.
- British Standards Institution. (1987). *Design of Concrete Structures for Retaining Aqueous Liquids*.
- Depperind-ri. (1980). *SII No. 52 – 1980, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Depperind-ri.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1982). *Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982)*.
- Djejen, A., & Susilowati, A. (2020). *Pengujian Bahan I*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- Endang Wahyuni, D., Sriyani, R., & Kadir, A. (2018). Perbandingan Komposisi Slag Nikel Pomalaa Dan Batu Pecah Moramo Untuk Menentukan Kuat Tekan Optimum Beton. *Jurnal STABILITA*, 6, 43–48.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (*Curing*) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3, 103–110.
- Kaselle, H., & Allo, R. B. (2021). Pengaruh Penggunaan Slag Nikel Pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Geopolimer *Effect of Using Nickel Slag on the Compressive and Flexural Strength of Geopolymer Concrete*. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 1(2).
<http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JACEE/article/view/2999/2545>
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2020, July 2). *Kemenperin Angkat Potensi Slag Nikel Jadi Bahan Baku Industri*.
<https://kemenperin.go.id/artikel/21806/Kemenperin-Angkat-Potensi-Slag-Nikel-Jadi-Bahan-Baku-Industri>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lianasari, E., & Aji, C. (2017). Pengaruh Kadar *Fly Ash* Terhadap Kinerja Beton HVFA. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11*.
<https://www.researchgate.net/publication/340502792>

Method of Calculation of The Fineness Modulus of Aggregate. (1980).

Muhsar, M., & Kadir, A. (2021). Penggunaan Limbah Nikel sebagai Material Substitusi Agregat Kasar pada Beton K.250. *Sultra Civil Engineering Journal (SCiEJ)*, 2(1).

Mustika, W., K. Salain, I. M. A., & Sudarsana, I. K. (2016). Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat dalam Campuran Beton. *Jurnal Spektran*, 4(2).
<http://www.antam.com>

Nobella, M. F. (2019). Pengaruh Variasi *Fly Ash* sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton dengan Perlakuan *Curing* Air Laut.

Purnama, A. H., Tjaronge, M. W., & Djameluddin, Abd. R. (2016). *Studi Eksperimental Kuat Tarik Belah Beton Yang Menggunakan Terak Nikel Sebagai Agregat Kasar*.

Putri Prastuti, O. (2017). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 1(1). www.jtkl.polinema.ac.id

Riyadi, M., & Amalia. (2018). *Teknologi Bahan 1*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Saka Suwindu, K., Parung, H., Sandy, D., & Kunci, K. (2020). Paulus Civil Engineering Journal Karakteristik Beton Mutu Tinggi dengan Substitusi *Slag* Baja dan *Slag* Nikel Sebagai Agregat Kasar. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2 No.1.

Setiawan, R. (2017). *Pengaruh Proporsi Ukuran Agregat Kasar Pada Sifat Mekanik Beton*. Universitas Atmajaya Yogyakarta.

Setiawati, M. (2018). *Fly Ash* sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556/2660>

Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.