

SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER
ECONO-NET TERHADAP *DRYING SHRINKAGE* DAN
VOLUME OF PERMEABLE VOIDS BETON SUPER
*SULFATED CEMENT***



**VINCENT SUTIRTA
NPM : 6101901122**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER
ECONO-NET TERHADAP *DRYING SHRINKAGE* DAN
VOLUME OF PERMEABLE VOIDS BETON SUPER
*SULFATED CEMENT***



**VINCENT SUTIRTA
NPM : 6101901122**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER
ECONO-NET TERHADAP *DRYING SHRINKAGE* DAN
VOLUME OF PERMEABLE VOIDS BETON SUPER
*SULFATED CEMENT***



**VINCENT SUTIRTA
NPM : 6101901122**

BANDUNG, 12 JANUARI 2024

PEMBIMBING:

Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

SKRIPSI

PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER ECONO-NET TERHADAP *DRYING SHRINKAGE* DAN *VOLUME OF PERMEABLE VOIDS* BETON SUPER *SULFATED CEMENT*



VINCENT SUTIRTA
NPM : 6101901122

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

PENGUJI 1: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

Handwritten signature of Herry Suryadi, Ph.D. (blue ink) above a horizontal line.
Handwritten signature of Dr. Johannes Adhijoso Tjondro (black ink) above a horizontal line.
Handwritten signature of Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. (black ink) above a horizontal line.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : VINCENT SUTIRTA

Tempat, tanggal lahir : Bekasi, 12 Desember 2000

NPM : 6101901122

Judul skripsi : **PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER
ECONO-NET TERHADAP DRYING
SHRINKAGE DAN VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS BETON SUPER SULFATED CEMENT**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 5 Januari 2024



Vincent Sutirta

**PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER ECONO-NET
TERHADAP DRYING SHRINKAGE DAN VOLUME OF PERMEABLE
VOIDS BETON SUPER SULFATED CEMENT**

**Vincent Sutirta
NPM: 6101901122**

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARI 2024**

ABSTRAK

Pembuatan semen OPC menghasilkan CO₂ yang menyebabkan efek rumah kaca. *Super sulfated cement* dapat mengatasi masalah tersebut karena pembuatan dari bahan dasar utama *super sulfated cement* adalah GGBFS yang lebih ramah lingkungan pada proses pembuatannya. Beton dapat mengalami susut karena adanya penguapan air pada proses pengerasan beton SSC sehingga menyebabkan berkurangnya volume beton. Penggunaan serat *polypropylene* dapat mengurangi nilai *drying shrinkage* sehingga digunakan Master Fiber Econo-Net yang merupakan serat *polypropylene*. Berdasarkan *technical data sheet*, Econo-Net dapat mengurangi nilai susut dengan dosis penggunaan 0,9 kg/m³. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapat bahwa nilai *drying shrinkage* dan *volume of permeable voids* beton *super sulfated cement* dengan menggunakan Econo-Net dapat mengurangi nilai *drying shrinkage* dan *volume of permeable voids*. Untuk variasi terbesar yaitu Econo-Net 1,5 kg/m³ didapatkan nilai *drying shrinkage* sebesar -0,0224% pada umur 56 hari dan didapatkan nilai *volume of permeable voids* sebesar 0,1876% pada umur 28 hari. Untuk variasi tanpa menggunakan Econo-Net didapatkan nilai *drying shrinkage* sebesar -0,0304% pada umur 56 hari dan didapatkan nilai *volume of permeable voids* sebesar 0,2207% pada umur 28 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Econo-Net dapat mengurangi terjadinya penguapan air pada proses pengerasan beton SSC. Semakin sedikit penggunaan Econo-Net dapat memperbesar nilai rongga permeabel pada beton sehingga dapat memperbesar adanya air yang masuk pada rongga yang dapat meningkatkan kemungkinan penguapan air yang lebih besar.

Kata Kunci: beton *super sulfated cement*, *drying shrinkage*, serat *polypropylene*, *volume of permeable voids*

THE EFFECT OF USING MASTER FIBER ECONO-NET ON DRYING SHRINKAGE AND VOLUME OF PERMEABLE VOIDS IN SUPER SULFATED CEMENT CONCRETE

Vincent Sutirta
NPM: 6101901122

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JANUARY 2024

ABSTRACT

The production of Ordinary Portland Cement (OPC) generates CO₂, causing a greenhouse effect. Super sulfated cement can address this issue as it is manufactured from Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), which is more environmentally friendly in its production process. Concrete may experience shrinkage due to water evaporation during the Solidified Super Sulfated Cement (SSC) process, leading to a reduction in concrete volume. The use of polypropylene fibers can decrease the drying shrinkage value, and in this case, Master Fiber Econo-Net, a polypropylene fiber, is utilized. According to the technical data sheet, Econo-Net can reduce the shrinkage value with a dosage of 0.9 kg/m³. Based on conducted tests, it is found that the drying shrinkage and volume of permeable voids of super sulfated cement concrete using Econo-Net can indeed decrease these values. For the highest variation, Econo-Net at 1.5 kg/m³ resulted in a drying shrinkage value of -0.0224% at 56 days and a volume of permeable voids value of 0.1876% at 28 days. For the variation without using Econo-Net, the drying shrinkage value was -0.0304% at 56 days, and the volume of permeable voids value was 0.2207% at 28 days. This indicates that using Econo-Net can reduce water evaporation during the SSC concrete curing process. The lesser the use of Econo-Net, the larger the value of the permeable voids in concrete, potentially increasing the likelihood of greater water entry into voids and subsequently enhancing the possibility of greater water evaporation.

Keywords: drying shrinkage, polypropylene fiber, super sulfated concrete, volume of permeable voids

PRAKATA

Puji Syukur dan hormat penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul *PENGARUH PENGGUNAAN MASTER FIBER ECONO-NET TERHADAP DRYING SHRINKAGE DAN VOLUME OF PERMEABLE VOIDS BETON SUPER SULFATED CEMENT*.

Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dari tingkat Sarjana Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menerima bantuan berupa bimbingan, motivasi, dan doa dari awal hingga laporan selesai secara meluruh. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis karena telah membantu, memberikan wawasan, saran, dan membimbing proses penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang sudah hadir dan memberikan kritik dan saran selama proses seminar judul, isi, dan siding akhir.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T. selaku kepala pengujian laboratorium struktur Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu penulis selama proses persiapan material, pembuatan benda uji, dan pengujian.
4. Bapak Markus Didi G dan Bapak Heri Rustandi selaku staf laboratorium struktur Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu penulis selama proses persiapan material, pembuatan benda uji, *grinding*, dan pemotongan benda uji.
5. Orang tua, saudara, dan segenap keluarga terkasih yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa selama proses pengerjaan laporan skripsi.
6. Jonathan Hadinata S.T., Lucky Manuel S.T., selaku teman yang memberikan pelajaran dan masukan kepada penulis dalam proses pengerjaan laporan skripsi.

7. Felix Ciho, Shidqi Fadiya, Davaray, Dinda Aisyah, Ayreen, Gavyn Owen, dan Willyam Steven selaku teman – teman seperjuangan di laboratorium struktur Universitas Katolik Parahyangan.
8. Karin Renata S.Psi. selaku kekasih yang telah memberi dukungan, semangat, doa, dan menemani penulis dalam kondisi suka dan duka.
9. Mario Santos, Ramy Maulana, Gaizka Dizzynero, Jati Iman Insani, Calvin Imanda, dan Ronald Han selaku teman baik penulis yang telah menghibur dan menemani disaat suka dan duka.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan sehingga jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dapat disampaikan untuk membangun untuk menyempurnakan studi eksperimental ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat positif bagi siapapun yang membacanya.

Bandung, 5 Januari 2024



Vincent Sutirta
6101901122

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Metode Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
1.7 Diagram Alir	7
BAB 2 DASAR TEORI	9
2.1 Beton	9
2.2 <i>Super Sulfated Cement Concrete</i>	10
2.3 Material Beton	10
2.3.1 Semen Portland	10
2.3.2 Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBGS)	11
2.3.3 Agregat Halus	12
2.3.4 Agregat Kasar	12

2.3.5 Natrium Sulfat (Na_2SO_4).....	13
2.3.6 Air	13
2.3.7 Econo-Net	13
2.4 Metode Pengujian.....	14
2.4.1 Uji Slump	14
2.4.2 Uji <i>Drying Shrinkage</i>	15
2.4.3 Uji <i>Volume of Permeable Voids</i>	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Metrial Penyusun Beton.....	17
3.1.1 Semen.....	17
3.1.2 <i>Ground Granulated Blast Furnace Slag</i> (GGBFS)	17
3.1.3 Natrium Sulfat.....	17
3.1.4 Agregat Kasar.....	17
3.1.5 Agregat Halus.....	17
3.1.6 Air	18
3.1.7 Econo-Net	18
3.2 Benda Uji Campuran Beton	18
3.3 Pengujian Material Campuran Beton.....	20
3.3.1 Pengujian Massa Jenis Semen.....	20
3.3.2 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	22
3.3.3 Pengujian Absorpsi Agregat Halus	24
3.3.4 Pengujian Saringan Agregat Halus	26
3.3.5 Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	28
3.3.6 Pengujian Absorpsi Agregat Kasar	29
3.3.7 Pengujian Saringan Agregat Kasar	30
3.3.8 Pengujian Berat Isi Campuran Agregat Halus dan Agregat Kasar	31

3.4 Proporsi Campuran Beton	34
3.5 Pembuatan Benda Uji.....	34
3.5.1 Pengecoran Beton.....	34
3.5.2 <i>Grinding</i>	36
3.5.3 Pemotongan Benda Uji	37
3.5.4 Perawatan Benda Uji.....	37
3.6 Pengujian Beton	38
3.6.1 Pengujian <i>Drying Shrinkage</i>	38
3.6.2 Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	40
BAB 4 ANALISIS DATA	43
4.1 Analisis Uji <i>Slump</i> Beton	43
4.2 Analisis Uji <i>Drying Shrinkage</i>	45
4.3 Analisis Uji <i>Volume of Permeable Voids</i>	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN 1 Pengujian Densitas Semen Portland (OPC)	57
LAMPIRAN 2 Pengujian Densitas GGBFS	59
LAMPIRAN 3 Pengujian Densitas Natrium Sulfat (Na ₂ SO ₄)	61
LAMPIRAN 4 Pengujian <i>Bulk Specific Gravity</i> Agregat Halus	63
LAMPIRAN 5 Pengujian <i>Bulk Specific Gravity</i> Agregat Kasar	64
LAMPIRAN 6 Pengujian Absorpsi Agregat Halus	66
LAMPIRAN 7 Pengujian Absorpsi Agregat Kasar	68
LAMPIRAN 8 Pengujian Saringan Agregat Halus	70
LAMPIRAN 9 Pengujian Saringan Agregat Kasar	72

LAMPIRAN 10 Pengujian Berat Isi Campuran Agregat Halus & Kasar 73
LAMPIRAN 11 *Mix Design* Beton Super Sulfated Cement..... 75



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	: Absorpsi
ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Society of Testing Materials</i>
CO ₂	: Karbon Dioksida
G	: <i>Gauge Length</i> (mm)
g ₁	: <i>Bulk Density</i> (g/cm ³)
g ₂	: <i>Apparent Density</i> (g/cm ³)
GGBGS	: <i>Ground Granulated Blast Furnance Slag</i>
L	: Perubahan Panjang Umur x (mm)
L _{reff}	: <i>Panjang Refference Bar</i> (mm)
Na ₂ SO ₄	: Natrium Sulfat
OD	: <i>Oven Dry</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
ppm	: <i>Part per Million</i>
SG _{CA}	: <i>Specific gravity</i> agregat kasar
SG _{FA}	: <i>Specific gravity</i> agregat halus
SSC	: <i>Super Sulfated Cement</i>
SSD	: <i>Surface Saturated Dry</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
V _{agg}	: Volume agregat (m ³)
V _{air}	: Volume air (m ³)
V _c	: Volume semen (m ³)
V _{CA}	: Volume agregat kasar (m ³)
V _{FA}	: Volume agregat halus (m ³)
V _p	: Volume pasta (m ³)
V _w	: Volume air (m ³)
W _c	: Berat semen (kg)
W _{CA}	: Berat agregat kasar (kg)
W _{FA}	: Berat agregat halus (kg)
W _{OD}	: Berat dalam kondisi OD (kg)

W_{SSD}	: Berat dalam kondisi SSD (kg)
W_w	: Berat air (kg)
VPV	: <i>Volume of Permeable Voids</i>
α	: Persentase agregat halus terhadap campuran agregat optimum (%)
β	: Persentase SO ₃ (%)
$\lambda/(w/b)$: Rasio air terhadap binder
ρ_c	: Massa jenis semen OPC (kg/m ³)
ρ_{GGBFS}	: Massa jenis semen GGBFS (kg/m ³)
$\rho_{Na_2SO_4}$: Massa jenis semen Na ₂ SO ₄ (kg/m ³)
ρ_w	: Massa jenis air (kg/m ³)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pengaruh Presentase Slag terhadap Kuat Tekan.....	3
Gambar 1.2 Diagram alir	8
Gambar 2.1 Cetakan <i>slump</i> beton (SNI 1972:2008).....	15
Gambar 3.1 Master Fiber Econo-Net	18
Gambar 3.2 Benda uji pengujian VPV	19
Gambar 3.3 Benda uji pengujian <i>drying shrinkage</i>	20
Gambar 3.4 Labu La Chatelier	21
Gambar 3.5 Kerucut Abrams.....	23
Gambar 3.6 Labu Ukur.....	23
Gambar 3.7 Mesin <i>Seiver Shaker</i>	27
Gambar 3.8 Kurva Regresi Berat Isi Campuran Agregat Halus dan Agregat Kasar	33
Gambar 3.9 Mesin Molen.....	35
Gambar 3.10 Proses <i>grinding</i> benda uji	36
Gambar 3.11 <i>Concrete Cutter</i>	37
Gambar 3.12 <i>Sealed Curing</i>	38
Gambar 3.13 Pembacaan panjang <i>Lreff</i>	39
Gambar 3.14 Pembacaan panjang benda uji.....	39
Gambar 3.15 Benda uji dalam desikator	40
Gambar 3.16 Perendaman benda uji.....	41
Gambar 3.17 Perembusan benda uji	41
Gambar 3.18 Pencatatan benda uji di dalam air <i>SSD-boiled</i>	42
Gambar 4.1 <i>Slump</i> Beton SSC NF (Non Fiber)	44
Gambar 4.2 <i>Slump</i> Beton SSC F0,5 (Econo-Net 0,5 kg/m ³).....	44

Gambar 4.3 <i>Slump</i> Beton SSC F1 (Econo-Net 1 kg/m ³).....	44
Gambar 4.4 <i>Slump</i> Beton SSC F1,5 (Econo-Net 1,5 kg/m ³).....	45
Gambar 4.5 Grafik Hasil <i>Drying Shrinkage</i> NF.....	46
Gambar 4.6 Grafik Hasil <i>Drying Shrinkage</i> F0,5.....	47
Gambar 4.7 Grafik Hasil <i>Drying Shrinkage</i> F1.....	48
Gambar 4.8 Grafik Hasil <i>Drying Shrinkage</i> F1,5.....	49
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Hasil <i>Drying Shrinkage</i>	50
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	52



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rekapitulasi Umur Pengujian dan Jumlah Sampel Pengujian <i>Drying Shrinkage</i>	5
Tabel 1.2 Rekapitulasi Umur Pengujian dan Jumlah Sampel Pengujian <i>Volume of Permeable Voids</i>	6
Tabel 2.1 Karakteristik Econo-Net.....	14
Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian <i>Drying Shrinkage</i>	19
Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian <i>Volume Of Permeable Voids</i>	19
Tabel 3.3 Penentuan <i>Specific Gravity</i> OPC.....	22
Tabel 3.4 Penentuan <i>Specific Gravity</i> GGBFS.....	22
Tabel 3.5 Penentuan <i>Specific Gravity</i> Na ₂ SO ₄	22
Tabel 3.6 Penentuan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus	24
Tabel 3.7 Penentuan Absorpsi Agregat Halus.....	26
Tabel 3.8 Hasil Uji Saringan Agregat Halus Sampel 1.....	27
Tabel 3.9 Hasil Uji Saringan Agregat Halus Sampel 2.....	28
Tabel 3.10 Penentuan <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar	29
Tabel 3.11 Penentuan Absorpsi Agregat Kasar.....	30
Tabel 3.12 Hasil Uji Saringan Agregat Kasar Sampel 1	31
Tabel 3.13 Hasil Uji Saringan Agregat Kasar Sampel 1	31
Tabel 3.14 Penentuan Berat Isi Campuran Agregat Kasar dan Agregat Halus....	33
Tabel 3.15 Proposi Campuran Beton <i>Super Sulfated Cement</i> per Variasi	34
Tabel 3.16 Proposi Campuran Beton <i>Super Sulfated Cement</i> per 1 m ³	34
Tabel 4.1 Nilai <i>slump</i> Pada Beton SSC dengan Variasi Econo-Net.....	43
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> NF.....	45
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> F0,5.....	46
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Drying Shrinkage</i> F1.....	47

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Drying Shrinkage* F1,5..... 48

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Volume of Permeable Voids..... 51



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah populasi dunia terus meningkat sejak 1960 hingga 2022. Menurut *The World Bank*, angka populasi tercatat dari 3,032 – 7,95 miliar jiwa. Peningkatan tersebut mengalami kenaikan 0,8% pada tahun 2022 (*The World Bank*, 2022). Terlebih lagi Indonesia yang memiliki peningkatan penduduk sebesar 1,13% pada tahun 2023 (BPS, 2023). Peningkatan populasi ini memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan kebutuhan infrastuktur. Menurut Bintarto (dalam Koestoer,2001:46) pemukiman menempati areal paling luas dalam pemanfaatan ruang, mengalami perkembangan yang selaras dengan perkembangan penduduk dan mempunyai pola-pola tertentu yang menciptakan bentuk dan struktur suatu kota yang berbeda dengan kota lainnya. Mantan Kepala Badan Pembinaan (BP) Konstruksi PUPR, Bambang Goeritno mengatakan bahwa pembangunan infrastruktur memiliki peran yang sangat penting untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. (Bambang Goeritno, 2012).

Beton menjadi salah satu material konstruksi yang paling dibutuhkan dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia. Menurut Direktur Jendral Pembiayaan Infrastruktur dan Perumahan PUPR, Herry Trisaputra Zuna mengatakan proporsi penggunaan beton dalam konstruksi infrastruktur sumber daya air mencapai 80%, 60% di sektor konstruksi perumahan dan pemukiman, dan 56-71% pembangunan jalan. (Zuna, 2023). Beton menjadi elemen utama pada konstruksi karena memiliki keunggulan sangat banyak ketimbang bahan yang lain, seperti bahan baku yang mudah ditemukan, memiliki kekuatan yang tinggi, mudah didesain, ekonomis, dan lain-lain. Dalam konstruksi, beton digunakan untuk pondasi, sloof, kolom, balok, dan pelat. Beton pada umumnya merupakan bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan batu pecah.

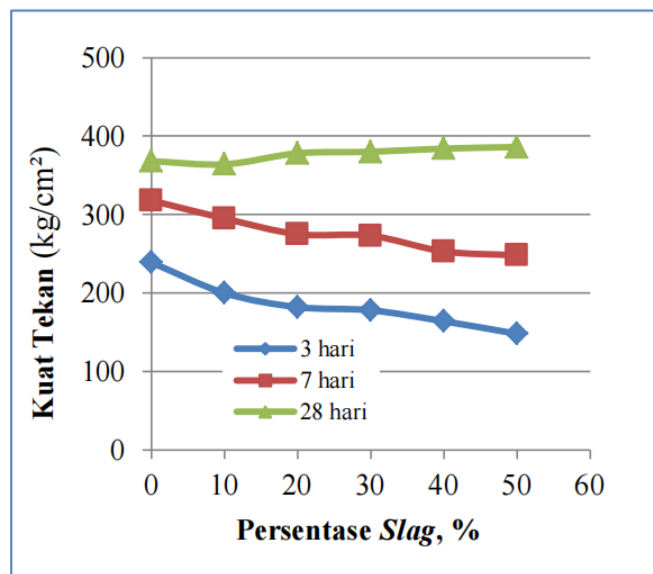
Semen menjadi bahan penting dalam pembuatan beton. Semen bekerja sebagai pengikat yang mengikat partikel-partikel antara agregat kasar dan halus. Semen pada umumnya terbuat dari batu kapur, tanah liat, pasir besi, dan pasir silica.

Salah satu proses pembuatan semen adalah pemanasan yang dilakukan dengan campuran bahan baku semen dipanaskan menggunakan klin (oven putar). Kemudian dipanaskan hingga suhu 1450°C dan menghasilkan bahan baku klinker keras dan tahan terhadap tekanan. Proses tersebut mengakibatkan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO_2) yang berkontribusi pada perubahan iklim. Menurut data dari Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization*), industri semen bertanggung jawab atas sekitar 7% emisi global CO_2 . Selain emisi CO_2 , produksi semen juga menghasilkan pencemaran udara dalam bentuk partikular yang berdampak buruk pada kualitas udara dan kesehatan manusia di sekitar pabrik semen. Semen juga mencemari air melalui pembuangan limbah cair yang mengandung senyawa kimia berbahaya yang dapat berakibat pada perusakan ekosistem perairan dan mengganggu sumber air minum. Pada Juli 2019 dilakukan penelitian kesehatan dengan total sampel sebanyak 28 orang yang tinggal di daerah pabrik semen. Hasilnya adalah kegiatan industri ini menimbulkan hilangnya mata air, debu, debu asap, iritasi, dan alergi (Sulasmu et. al, 2019).

Super Sulfated Cement (SSC) adalah jenis semen yang bahan utamanya terbuat dari *Ground granulated blast furnace slag* (GGBFS), gipsum sebagai aktivator sulfat, dan kapur sebagai aktivator alkali (Wu et. al., 2021). SSC menghasilkan energi yang rendah dan lebih sedikit emisi CO_2 dalam pembuatannya dan mendapatkan ketahanan yang tinggi terhadap serangan kimia agresif. Kekurangan dari SSC adalah kuat tekan yang rendah pada umur awal (*pozzolanic*).

GGBFS memiliki komposisi kimia mirip dengan kandungan semen *Portland*, sehingga dapat menggantikan fungsi semen *Portland* pada rentang yang luas dengan rasio perbandingan massa tertentu (Susilowati et al., 2019). Menurut ASTM C989, *blast furnace slag* adalah produk non-logam, pada dasarnya terdiri dari silikat dan aluminosilikat kalsium dan basa lainnya yang dibuat dalam kondisi cair secara bersamaan dengan besi dalam tanur tinggi. GGBFS memiliki karakteristik meningkatkan kekuatan beton, penurunan permabilitas, dan pengurangan emisi karbon. GGBFS memiliki hasil hidrasi yang hampir sama dengan semen tetapi GGBFS lebih bersifat gel dibandingkan semen sehingga dapat meningkatkan kepadatan pasta (Karim et. al., 2018). Akan tetapi, hidrasi awal GGBFS sangat lambat dibandingkan semen pada suhu pemeliharaan standard

(20°C). Proses hidrasi terjadi lebih awal ditandai dengan pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) gel dari reaksi Kapur-Air-Silik. Selain menghasilkan C-S-H gel, proses hidrasi menghasilkan Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Proses *pozzolanic* terjadi ketika $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan silika belum terikat saat proses hidrasi, sehingga proses *pozzolanic* berlangsung lebih lambat setelah terbentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada proses hidrasi. Karim et. al. (2018) telah melakukan pengujian penurunan kuat tekan pada beton menggunakan campuran GGBFS seperti dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Pengaruh Presentase Slag terhadap Kuat Tekan

Karena komponen salah satu komponen utama dari GGBFS adalah silika, sehingga proses pengerasan akan lebih lama (PT. Krakatau Semen Indonesia, 2020). Sehingga diperlukan ion alkali sebagai aktivator untuk meningkatkan reaksi dari GGBFS tersebut (Roy, 1982). Aktivator yang paling efektif adalah natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Namun aktivator tersebut tidak digunakan karena proses pembuatannya yang didapatkan dari proses sintesis yang menghasilkan konsumsi energi yang tinggi. Penelitian ini menggunakan aktivator sulfat yaitu natrium sulfat (Na_2SO_4) karena menghasilkan emisi yang lebih sedikit dari NaOH dan KOH karena senyawa tersebut didapat dengan mudah yaitu dari hasil penambangan atau hasil limbah pabrik kimia dan tekstil (Rashad, et. al., 2012). Natrium sulfat dapat meningkatkan kekuatan SSC pada umur awal (Lam, 2020).

Beton fiber merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain berupa serat (Tjokrodimuljo, 1996) Penggunaan serat yang dicampurkan

pada beton dapat menambahkan ketahanan beton dan memperbaiki sifat mekanis beton. Penggunaan serat ini bertujuan untuk mengurangi kelemahan dari sifat alami beton yaitu getas yang dimana beton memiliki kekuatan tarik dan lentur yang rendah. Serat yang dapat dicampurkan pada beton ada beberapa jenis seperti fiber baja, fiber *polypropylene*, fiber kaca, fiber karbon, dan fiber alami (Huseiny et. al., 2020). Fungsi dari serat fiber dalam beton bervariasi mulai dari menaikkan kuat lentur dan tarik beton, daktilitas, ketahanan terhadap leleh, ketahanan terhadap pengaruh susut, ketahanan terhadap pengelupasan. Pada penelitian ini digunakan fiber dari *MasterFiber Econo-net*. *Econo-net* merupakan *polimeric fibers* berbahan dasar *polypropylene* dalam bentuk serabut yang meningkatkan ketahanan pada pengaruh susut. Rekomendasi pemakaian adalah $0,9 \text{ kg/cm}^3$ (TDS MasterFiber Econonet)

1.2 Inti Permasalahan

Pada uji eksperimental ini, inti permasalahannya adalah mengetahui perubahan nilai *Drying Shrinkage* dan *Volume of Permeable Voids* pada beton *super sulfated cement*. Variasi yang digunakan adalah *MasterFiber Econo-Net* dengan komposisi 0; 0,5; 1; 1,5 kg/m^3

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan nilai *Drying Shrinkage* pada beton *super sulfated cement* dengan variasi kadar *Master Fiber Econo-net* 0; 0,5; 1; 1,5 kg/m^3 .
2. Mengetahui nilai *Volume of Permeable Voids* pada beton *super sulfated cement* dengan variasi kadar *Master Fiber Econo-net* 0; 0,5; 1; 1,5 kg/m^3 .

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan merupakan pasir Galunggung dengan ukuran uji saringan lolos No.4 atau 4,75 mm.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari Rumpin, Bogor, dengan ukuran uji saringan lolos No $\frac{3}{4}$ in atau 19,00 mm.

3. Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* yang berasal dari PT. Indocement Tungal Prakarsa.
4. *Slag* yang digunakan adalah (GGBFS) dari PT. KRNG Indonesia
5. Aktivator sulfat yang digunakan adalah Natrium Sulfat (Na_2SO_4) dengan kadar 10%
6. Perencanaan *mix design* didapatkan dengan metode volume absolut
7. Fiber yang digunakan merupakan *Econo-net* (Fiber Polypropylene) yang didapatkan dari PT. *Master Builders Solutions* dengan variasi sebesar 0; 0,5; 1; 1,5 kg/m^3 .
8. *Drying Shrinkage* pada sampel dengan balok $75 \times 75 \times 285$ mm dilihat nilainya pada umur awal (*initial*), 1, 3, 5, 7, 14, 28 dan 56 hari (berdasarkan ASTM C490)
9. Pengujian *Volume of Permeable Voids* pada benda uji dengan silinder pipih dengan diameter 100 mm tebal 50 mm, diuji pada umur 28 hari (berdasarkan ASTM C642)
10. *Water to binder ratio* ditetapkan sebesar 0,36
11. Jumlah sampel yang diuji seperti terlihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2

Tabel 1.1 Rekapitulasi Umur Pengujian dan Jumlah Sampel Pengujian *Drying Shrinkage*

Variasi Fiber Econo-net (kg/m^3)	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji
0		3
0,5	Awal (<i>initial</i>), 1, 3, 5, 7, 14, dan 56 hari	3
1		3
1,5		3

Tabel 1.2 Rekapitulasi Umur Pengujian dan Jumlah Sampel Pengujian *Volume of Permeable Voids*

Variasi Fiber Econo-net (kg/m ³)	Umur Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji
0		3
0,5	28 hari	3
1		3
1,5		3

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan metode mencari dan mengumpulkan informasi-informasi yang diperoleh dari *textbook*, jurnal ilmiah, dan standar pengujian (ASTM, SNI, dll) yang bertujuan untuk menambahkan referensi, pengetahuan, dan wawasan untuk penelitian ini.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan secara langsung di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan dengan pengerjaan persiapan material, persiapan sampel, dan pengujian sampel.

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam penelitian dengan tujuan untuk memperoleh nilai data hasil eksperimen sehingga tujuan dari penelitian tercapai.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi atas 5 Bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan permasalahan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini memuat landasan teori yang digunakan dalam penelitian sebagai acuan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat mengenai prosedur penelitian yang meliputi kegiatan persiapan material, persiapan sampel, dan pengujian sampel.

BAB 4 ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

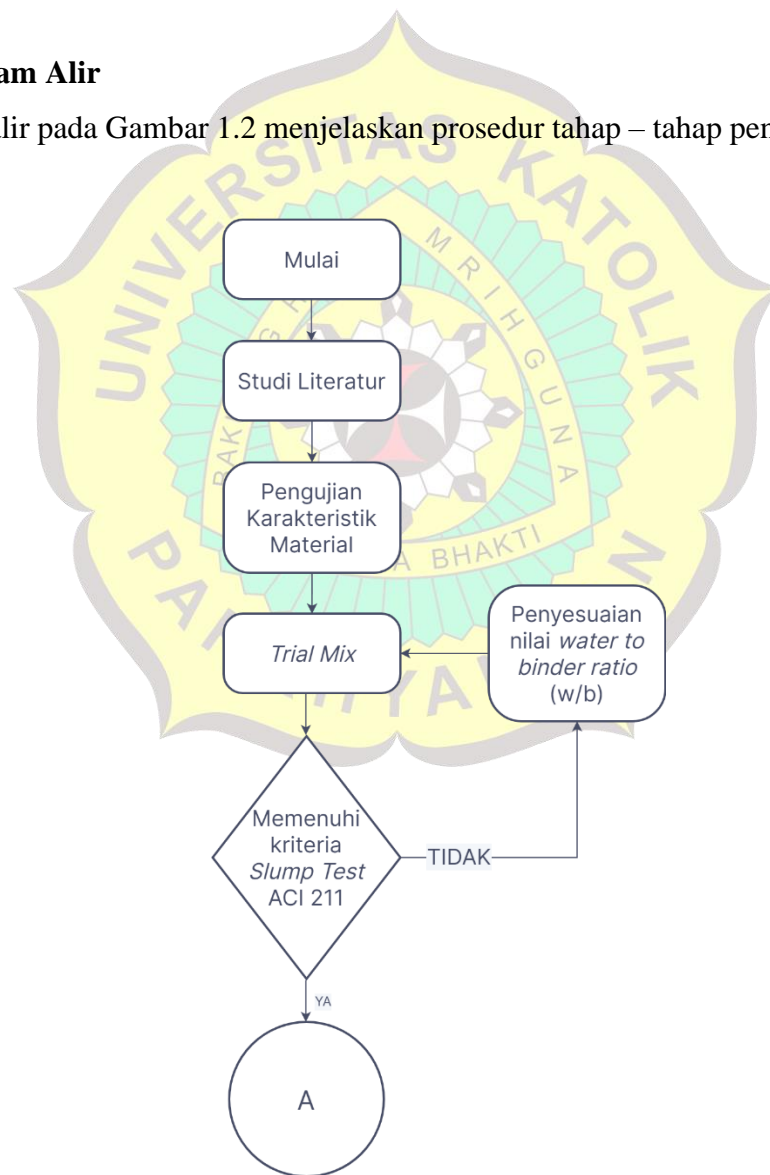
Bab ini memuat analisis dan pembahasan tentang proses pengolahan data eksperimen dari hasil pengujian di laboratorium.

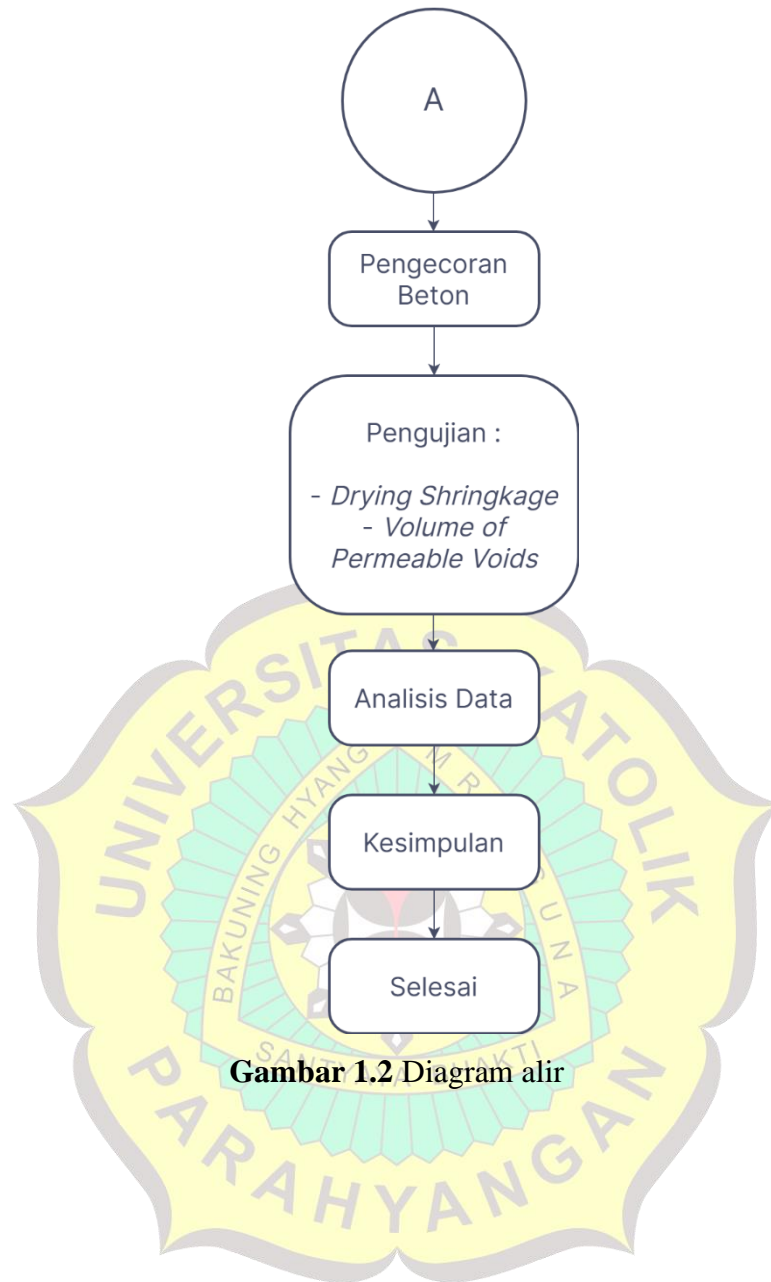
BAB 5 KESIMPULAN & SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil eksperimen dan saran untuk kegiatan penelitian di masa depan.

1.7 Diagram Alir

Diagram alir pada Gambar 1.2 menjelaskan prosedur tahap – tahap penelitian yang dilakukan.





Gambar 1.2 Diagram alir