

PROYEK AKHIR - VC231834

**STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA
*SUPERPLASTICIZER***

NOVA KHARISMA

NRP. 2035211018

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 19730710 199802 1 002

Dr.Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 19780201 200604 2 002

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025



TUGAS AKHIR - VC231834

**STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA
*SUPERPLASTICIZER***

NOVA KHARISMA

NRP. 2035211018

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 19730710 199802 1 002

Dr.Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 19780201 200604 2 002

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025



FINAL PROJECT - VC231834

STUDY OF HIGH STRENGTH CONCRETE WITHOUT SUPERPLASTICIZER

NOVA KHARISMA

NRP. 2035211018

Advisor

Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIP. 19730710 199802 1 002

Dr.Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 19780201 200604 2 002

Study Program Applied Bachelor Civil Engineering

Department of Civil Infrastructure Engineering

Faculty of Vocation

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA *SUPERPLASTICIZER*

TUGAS AKHIR

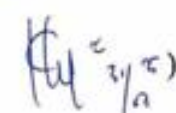
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **NOVA KHARISMA**
NRP. 2035211018

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | | |
|---|---------|---|---|
| 1. Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU., Pembimbing I | (|  |) |
| ASEAN Eng. | | | |
| 2. Dr. Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM., Pembimbing II | (|  |) |
| ASEAN Eng. | | | |
| 3. Dr. Nur Ahmad Husin, S.T., M.T. | Penguji | (| ) |
| 4. Yosi Noviari Wibowo, S.Tr.T., M.T. | Penguji | (| ) |
| 5. Khansa Fadilah Ashara, S.Tr.T., M.T. | Penguji | (| ) |

10 1 AUG 2025

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS




Tata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198006212005011002

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS

STATEMENT OF ORIGINALITY

Yang bertanda tangan di bawah ini

The undersigned below

Nama Mahasiswa / NRP : Nova Kharisma / 2035211018

Student Full Name / Student ID

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Sipil

Study Programme

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA *SUPERPLASTICIZER*” adalah hasil karya saya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah. Tugas Akhir ini telah diperiksa menggunakan aplikasi Turnitin dan memperoleh tingkat kemiripan sebesar 29%. Sebagai bagian dari pernyataan ini, saya melampirkan hasil uji kemiripan Turnitin sebagai bukti pendukung.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Hereby declare that the Final Project with the title of “STUDY OF HIGH STRENGTH CONCRETE WITHOUT SUPERPLASTICIZER” is the result of my own work, is original, and was written following the rules of scientific writing.

This Final Project has been checked using the Turnitin application and obtained a similarity index of 29%. As part of this statement, I attach the Turnitin similarity report as supporting evidence.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 27 Juli 2025

Mahasiswa,



Nova Kharisma
NRP. 2035211018

SIAP TA_TRPPBS A_Nova Kharisma_2035211018 - REV 2 - Copy
- Copy.pdf

ORIGINALITY REPORT

29%	28%	10%	13%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	8%
2	repository.umsu.ac.id Internet Source	2%
3	www.slideshare.net Internet Source	2%
4	www.scribd.com Internet Source	1%
5	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
6	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
7	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	1%
8	123dok.com Internet Source	1%
9	positori.umsu.ac.id Internet Source	1%

PERNYATAAN KODE ETIK PENGGUNAAN AI GENERATIF
CODE OF CONDUCT STATEMENT: GENERATIVE AI OR AI-ASSISTED USAGE

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

I, the undersigned

Nama Mahasiswa / NRP : Nova Kharisma / 2035211018

Full Name / Student ID

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Sipil

Study Programme

Judul Tugas Akhir : STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA
Final Project Title **SUPERPLASTICIZER**

dengan ini menyatakan bahwa pada Tugas Akhir dengan judul di atas tersebut:

hereby declare that in the Final Project with the above title:

No.	Pernyataan <i>Statement</i>	(√)
1	Saya tidak menggunakan AI generatif sama sekali <i>I did not use generative AI at all</i>	√
2	Saya hanya menggunakan AI generatif sebagai alat bantu untuk memperbaiki tata bahasa. AI generatif tidak digunakan untuk membuat isi Tugas Akhir. <i>I only used generative AI as a tool to improve the readability or language of the text in my Final Project. It was not used to generate a complete text of my work.</i>	√
3	Saya telah memeriksa dan/atau memperbaiki seluruh bagian dari Tugas Akhir saya yang dibantu oleh AI generatif agar sesuai dengan baku mutu penulisan karya ilmiah. <i>I have reviewed and refined all aspects of my work that generative AI assists with, ensuring it adheres to the standards of academic writing.</i>	√
4	Saya tidak menggunakan AI generatif untuk pembuatan data primer, grafik dan/atau tabel pada Tugas Akhir saya. <i>I did not use generative AI to generate primary data, figures, and/or tables in my work.</i>	√
5	Saya telah memberikan atribusi/pengakuan terhadap alat AI yang digunakan, secara rinci pada suatu bagian pada lampiran. <i>I have acknowledged the use of generative AI in any part of the work in the specific appendix page.</i>	√
6	Saya memastikan tidak ada plagiarisme, termasuk hal yang berasal dari penggunaan AI generatif. <i>I have ensured that there is no plagiarism issue in the work, including any parts generated by AI.</i>	√

Surabaya, 27 Juli 2025

Mahasiswa,



Nova Kharisma
NRP. 2035211018

Halaman ini sengaja dikosongkan

BERITA ACARA



Berita Acara Sidang Proyek Akhir / Thesis

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2024-2025

Nomor Jadwal **44**

Bahwa pada hari ini : Selasa, 15 Juli 2025

Di tempat : R-1

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

NRP : 2035211018

Pukul: 13.00 s/d 15.00

Tanda Tangan Mahasiswa

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Yang dihadiri oleh Dosen Pembimbing :

No	NIP Nama Dosen	Tanda Tangan
1	Prof. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D. 197307101998021002	
2	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T. 197802012006042002	
3		

Yang dihadiri oleh Dosen Penguji :

No	NIP Nama Dosen	Tanda Tangan
1	Dr. Nur Ahmad Husin, S.T., M.T. 197201151998021001	
2	Yosi Noviani Wibowo, S.Tr.T., M.T. 1998202311038	
3	Khansa Fadilah Ashara, S.Tr.T., M.T. 199812272024062001	

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir/thesis ini memutuskan :

- ☐ LULUS
☒ LULUS, DENGAN REVISI/CATATAN
☐ TIDAK LULUS SIDANG

Catatan / revisi / masukan : **TERLAMPIR**

Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/memperbaiki Proyek Akhir/Thesis sesuai dengan masukan dari Bapak/Ibu Dosen Pembimbing/Penguji

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir/Thesis ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

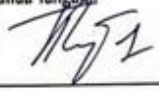
NRP : 2035211018

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan:
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T. 197802012006042002	

- Bag latar belakang → perlu di'kulis: murni tanpa SP.
- Tulis paper
- laporan cek skh $\approx$ ada bbrp lembar kosong.
- Gambar (3.3) Gradasi ayakan maneh zona apq? di'keri batasan zona?
- Format penulisan susvaihkan → rtasi, opari,
- Beri penjelasan pada tabel / gambar
- Hasil di'analisis detail kmd di'bandingkan sy penelitian sebelumnya.
- Bat grafik kuat tekan & slump di'jadikan satu.
- Bat grafik yg menggambarkan semua trial komposisi beserta slump nya kmd lakukan analisis di'bandingkan.
- Tambahkan di'daftar pustaka → paper dosen & susvaihkan format penulisan
- Flowchart debui penjelasan sbuyja bawah.
- Metodologi perlu ditulis ditabelkan uji apa saja berapa jumlah benda uji.
- Perbaiki ~~WA~~ ^{manek} WA.

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

NRP : 2035211018

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :

Prof. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D. | 197307101998021002

Tanda Tangan :



Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

NRP : 2035211018

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Dr. Nur Ahmad Husin, S.T., M.T. 197201151998021001	

- ① Dengan slump kecil sulit untuk dituangkan
- ② Beton mutu tinggi perlu SP untuk workability

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

NRP : 2035211018

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :

Yosi Noviani Wibowo, S.Tr.T., M.T. || 1998202311038

Tanda Tangan :



① lengkapi data kuat tekan

② - lengkapi saran penelitian → implementasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : NOVA KHARISMA

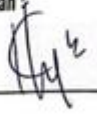
NRP : 2035211018

Program Studi : D4-Teknik Sipil

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA SUPERPLASTICIZER

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Khansa Fadilah Ashara, S.Tr.T., M.T. 199812272024062001	

✱ Cek note laporan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR ASISTENSI



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.its.ac.id/tis>, email : tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : Nova Khairisma
NRP : 2035211018
Judul Tugas Akhir :

Studi Beton Mutu Tinggi Tanpa Superplastisizer

Dosen Pembimbing: Prof. Ir. Ridha Bayuaji, ST., MT., Ph.D., IPM., ASEAN Eng

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1.	6 Februari 2025	- Prosedur SSD material agregat kasar dan halus di detailkan - Syarat material, metode pencampuran		BCK ☐☐☐
2.	18 Februari 2025	- Gradasi agregat referensi ke beton SCC - Bp % penggunaan ukuran agregat - Pelajari untuk kepalatan beton - Verifikasi mix design SNI 6968 lg 2834		BCK ☐☐☐
3.	20 Maret 2025	- penjelasan mix design sesuai SNI didapatkan di bab 2 terkait alasan memakai SNI tsb. - Verifikasi SNI PCC		BCK ☐☐☐
4.	15 April 2025	- beban agregat yang digunakan $\leq 2\%$ - Perbandingan permukaan agregat gradasi dengan maks. 10mm		BCK ☐☐☐
5.	2 Mei 2025	- perbandingan SNI PCC dan SNI 02-2844 - 2000 (Rasio Ag. Kasar - Halus, Pengikat, Pengisi)		BCK ☐☐☐

Keterangan :

- ☐ B = Lebih cepat dari jadwal
☐ C = Sesuai dengan jadwal
☐ K = Terlambat dari jadwal

Halaman ini sengaja dikosongkan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS
DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Raya Menur 127 Surabaya, 60116
Telepon: 031 5947637 Fax: 031 5938025
<https://www.its.ac.id/tis/> email: tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : Nova Kharisma
NRP : 203522018

Judul Tugas Akhir : Studi Beton Mutu Tinggi Tanpa Superplastisizer

Dosen Pembimbing: Prof. Ir. Fidho Bayuaji, ST., MT., Ph. D., IPU., ASEAN Eng

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
6.	16 Mei 2025	• Disajikan rekap data hasil dalam 1 sheet excel		B C K ☐ ☐ ☐
		• Perbaiki komposisi gradasi agregat		
		• Tampilkan semua data yang diperoleh		
7.	12 Juni 2025	• Analisis hasil kuat tekan op dan pcc		B C K ☐ ☐ ☐
8.	19 Juni 2025	• lengkapi analisis hasil		B C K ☐ ☐ ☐
		• lengkapi isi pembahasan bab 1		
9.	14 Juli 2025	• Tambahkan alasan /rumusan masalah pemilihan beton mutu tinggi di latar belakang		B C K ☐ ☐ ☐
				B C K ☐ ☐ ☐

Keterangan :

- ☐ B = Lebih cepat dari jadwal
☐ C = Sesuai dengan jadwal
☐ K = Tertambat dari jadwal

Halaman ini sengaja dikosongkan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.its.ac.id/tis>, email : tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : Nova Kharisma

NRP : 2035211018

Judul Tugas Akhir : Studi Beton Mutu Tinggi Tanpa Superplastizer

Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Yuyun Tajunriani, ST., MT., IPM., ASEAN Eng

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1.	18 Februari 2025	- Latar belakang diperbaiki - Ditambahkan waktu pengecoran di proposal - Peralatan mixing tipe didetailkan		B C K ☐ ☐ ☐
2.	11 Maret 2025	- Revisi latar belakang - Gub judul, standar agregat		B C K ☐ ☐ ☐
3.	20 Maret 2025	- Kepulauan beton untuk HSC didagari - dicoba mix design variasi uk. Agg		B C K ☐ ☐ ☐
4.	20 Mei 2025	- Pastikan pasir gradasinya masuk zone 2 - dicoba mix design naikan fas $\pm 0,4$ - pasir lumpur 50%, 14-90 % zone 3		B C K ☐ ☐ ☐
5.	7 Juni 2025	- Update progres proposal sesuai saran ketia asistensi - Hasil Trial Mix Design di input semua di proposal		B C K ☐ ☐ ☐

Keterangan :

- ☐ B = Lebih cepat dari jadwal
☐ C = Sesuai dengan jadwal
☐ K = Terlambat dari jadwal

Halaman ini sengaja dikosongkan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS
DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Raya Menur 127 Surabaya, 60116
Telepon: 031 5947637 Fax: 031 5938025
<https://www.its.ac.id/tis/> email: tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : Nova Khariema
NRP : 2035211018

Judul Tugas Akhir : Studi Beton Mutu Tinggi Tanpa Superplastisizer

Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, ST., MT., IPM., ASEAN Eng

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
6	19 Juni 2025	• review laporan dan seletakan seterus hasil sementara		B C K ☐ ☐ ☐
7	20 Juni 2025	• Perbaiki insert caption gambar - grafik • kurangi tabel yang terpisah		B C K ☐ ☐ ☐
8	8 Juli 2025	• format judul typo diperbaiki • latar belakang diberi penjelasan belum adanya "penelitian khusus"		B C K ☐ ☐ ☐
9	25 Juli 2025	• Diagram alir trial • jurnal dosen ITS di latar belakang		B C K ☐ ☐ ☐
				B C K ☐ ☐ ☐

Keterangan :

- B
☐ = Lebih cepat dari jadwal
C
☐ = Sesuai dengan jadwal
K
☐ = Terlambat dari jadwal

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA *SUPERPLASTICIZER*

Nama Mahasiswa / NRP : Nova Kharisma / 2035211018
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
2. Dr. Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM. ASEAN Eng.

ABSTRAK

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) penggunaan beton mutu tinggi di Indonesia mencapai 60% yang terbagi menjadi beberapa lingkup konstruksi yaitu konstruksi gedung, konstruksi khusus, dan konstruksi sipil. Hal ini beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan, dan efisiensi sangat dibutuhkan dalam perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut yang menyebabkan beberapa kasus elemen struktur khusus harus menggunakan beton mutu tinggi untuk memenuhi syarat desain. Beton mutu tinggi menurut SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang memiliki kuat tekan lebih dari 41,4 MPa. Standar beton mutu tinggi di Indonesia sudah mengatur penggunaan beton tanpa *superplasticizer*, meskipun bahan tambahan ini sering digunakan untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan beton (*workability*) dan performa beton. *Superplasticizer* tidak selalu tersedia di semua lokasi proyek, terutama di daerah terpencil. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan karena belum adanya penelitian secara khusus beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* sebagai campuran beton.

Penelitian ini berfokus pada pembuatan beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dengan memperhatikan syarat material serta mengontrol kadar air melalui metode SSD (*Saturated Surface Dry*) agegrat dan penyesuaian gradasi agregat untuk optimasi *workability* dan kuat tekan pada campuran beton mutu tinggi. Penelitian ini menggunakan material semen *portland* tipe 1 jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan PCC (*Portland Composite Cement*), agregat kasar berasal dari Mojokerto, dan agregat halus dari pasir Lumajang. Hasil dari penelitian dilakukan pengujian *slump* untuk *workability* dan uji kuat tekan untuk mengetahui apakah kuat tekan beton telah memenuhi syarat beton mutu tinggi sebesar 41,4 MPa berdasarkan SNI 6468-2000.

Hasil dari penelitian ini didapatkan komposisi yang optimum pada *trial* HSC-7, *trial* HSC-8, *trial* HSC-9. *Trial* HSC-7 menggunakan komposisi “Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal dengan Semen OPC, PPC, dan PCC” dengan fas 0,36 jenis semen OPC menghasilkan kuat tekan rata-rata 44,14 MPa pada umur 28 hari dan slump 30 mm memenuhi kategori beton mutu tinggi. *Trial* HSC-8 menggunakan komposisi *mix design* SNI-03-2834-2000 dengan fas 0,37 dan semen OPC menghasilkan kuat tekan rata-rata 48,43 MPa pada umur 28 hari dan slump 50 mm memenuhi kategori beton mutu tinggi. *Trial* HSC-9 menggunakan komposisi *mix design* SNI-03-2834-2000 dengan fas 0,37 dan semen PCC menghasilkan kuat tekan sebesar 42,53 MPa dengan slump 30 mm, membuktikan bahwa bahkan dengan semen PCC, beton mutu tinggi tetap dapat dicapai meski *workability* sedikit menurun karena sifat semen PCC yang lebih menyerap air.

Kata kunci: Beton mutu tinggi, Syarat material, Gradasi agregat, SSD (*Saturated Surface Dry*), *Workability*, FAS (Faktor air semen)

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDY OF HIGH STRENGTH CONCRETE WITHOUT SUPERPLASTICIZER

Student Name / NRP : Nova Kharisma / 2035211018
Departement : Civil Infrastructure Engineering FV ITS
Advisor : 1. Prof. Ir. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D., IPU.,
ASEAN Eng.
2. Dr. Eng. Ir. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., IPM.,
ASEAN Eng.

ABSTRACT

Based on data from the BPS Statistics Indonesia, the use of high strength concrete in Indonesia reaches 60%, which is divided into several construction areas, namely building construction, special construction, and civil construction. This high strength concrete which includes strength, durability, service life, and efficiency is very much needed in the planning of these facilities which causes several cases of special structural elements to use high strength concrete to meet design requirements. High strength concrete according to SNI 03-6468-2000 is defined as concrete that has a compressive strength of more than 41.4 MPa. High strength concrete standards in Indonesia have regulated the use of concrete without superplasticizers, although this additive is often used to improve the ease of concrete workability (workability) and concrete performance. Superplasticizers are not always available at all project locations, especially in remote areas. Therefore, this study was conducted because there has been no specific research on high strength concrete without superplasticizers as a concrete mixture.

This study focuses on the manufacture of high strenght concrete without superplasticizer by considering the material requirements and controlling the water content through the SSD (Saturated Surface Dry) aggregate method and adjusting the aggregate gradation to optimize workability and compressive strength in high strength concrete mixtures. This study uses portland cement type 1 OPC (Ordinary Portland Cement) and PCC (Portland Composite Cement) materials, coarse aggregates from Mojokerto, and fine aggregates from Lumajang sand. The results of the study were slump testing for workability and compressive strength testing to determine whether the compressive strength of the concrete met the requirements for high strength concrete of 41.4 MPa based on SNI 6468-2000.

The results of this study obtained the optimum composition in the HSC-7 trial, HSC-8 trial, and HSC-9 trial. Trial HSC-7 used the composition of “Guidelines for Procedures on Determining Normal Concrete Mixtures with OPC, PPC, and PCC Cement” with fas 0.36 OPC cement type produced an average compressive strength of 44.14 MPa at the age of 28 days and a slump of 30 mm meeting the high strength concrete category. Trial HSC-8 used the mix design composition of SNI-03-2834-2000 with fas 0.37 and OPC cement produced an average compressive strength of 48.43 MPa at the age of 28 days and a slump of 50 mm meeting the high quality concrete category. Trial HSC-9 used the mix design composition of SNI-03-2834-2000 with fas 0.37 and PCC cement produced a compressive strength of 42.53 MPa with a slump of 30 mm, proving that even with PCC cement, high strength concrete can still be achieved even though workability decreases slightly due to the nature of PCC cement which absorbs more water.

Keywords: High strength concrete, Material requirements, Aggregate gradation, SSD (Saturated Surface Dry), Workability, Water cement ratio

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “STUDI BETON MUTU TINGGI TANPA *SUPERPLASTICIZER*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.Tr.T. Penulisan Tugas Akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Bapak Prof. Ir. Ridho Bayuaji, ST. MT., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. dan Ibu Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT., IPM., ASEAN Eng.** atas bimbingan, saran, serta kesabaran dalam mengarahkan penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. **Bapak Dr. Nur Ahmad Husin, S.T., M.T, Bapak Yosi Noviari Wibowo, S.Tr.T., M.T., dan Ibu Khansa Fadilah Ashara, S.Tr.T., M.T. Penguji Sidang** yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran konstruktif demi perbaikan karya ini.
3. Orang tua dan saudara penulis yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan, dan semangatnya.
4. Teman-teman penelitian penulis di Laboratorium Material Struktur Gedung serta teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil yang telah membantu dan menjadi *supporting system* sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Laboratorium Material dan Struktur Gedung yang telah mendanai dan memfasilitasi penelitian ini.
6. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, 27 Juli 2025
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
PERNYATAAN KODE ETIK PENGGUNAAN AI GENERATIF	ix
BERITA ACARA	xi
LEMBAR ASISTENSI	xxiii
ABSTRAK	xxxix
ABSTRACT	xxxix
KATA PENGANTAR	xxxv
DAFTAR ISI.....	xxxvii
DAFTAR GAMBAR	xli
DAFTAR TABEL	xliii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
1.6 <i>Outline</i> Pembahasan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Penelitian	5
2.2 Beton Mutu Tinggi.....	7
2.3 Beton Mutu Tinggi Tanpa <i>Superplasticizer</i>	7
2.4 Teori Bahan Penyusun Beton Mutu Tinggi.....	7
2.4.1 Agregat Halus dan Agregat Kasar	8
2.4.1.1 Agregat Halus	8
2.4.1.2 Agregat Kasar	8
2.4.2 Semen <i>Portland</i> Tipe 1	9
2.4.3 Air	10

2.5	Gradasi Agregat	11
2.6	<i>Saturated Surface Dry</i> (SSD).....	11
2.7	<i>Mix Design</i>	12
BAB III		21
METODOLOGI.....		21
3.1	Tahapan Penelitian.....	21
3.1.1	Studi Literatur.....	21
3.1.2	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	21
3.2	Penjelasan Tahap Penelitian.....	25
3.2.1	Persiapan dan Pengujian Material Penyusun Beton Mutu Tinggi.....	25
3.2.1.1	Agregat Halus.....	25
3.2.1.2	Agregat Kasar.....	27
3.2.1.3	<i>Portland Cement</i>	28
3.2.2	Perencanaan <i>Mix Design</i>	29
3.2.3	Pembuatan Beton Mutu Tinggi	32
3.2.4	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>)	36
3.2.5	Pengujian Beton.....	36
3.2.5.1	Uji <i>Slump</i> (SNI 1972-2008).....	36
3.2.5.2	Uji Kuat Tekan	37
BAB IV		41
HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Hasil <i>Trial Mix Design</i> Beton Mutu Tinggi Tanpa <i>Superplasticizer</i>	41
4.2	<i>Trial Mix Design</i>	41
4.3	Hasil Uji <i>Slump</i>	45
4.4	Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	49
4.5	Analisis Hasil <i>Trial HSC-7</i>	61
4.6	Analisis Hasil <i>Trial HSC-8</i>	63
4.7	Analisis Hasil <i>Trial HSC-9</i>	64
4.8	Metode Pencampuran Material	64
BAB V		67
KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A	73
LAMPIRAN B	79
BIODATA PENULIS	91

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Portland Composite Cement</i>	10
Gambar 2. 2 (a) Kering Oven, (b) Kering Udara, (c) Jenuh Kering Permukaan (SSD), (d) Lembab	12
Gambar 2. 3 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen	15
Gambar 2. 4 Grafik 14 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	18
Gambar 2. 5 Grafik 16 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Telah Selesai Didapatkan	19
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian Beton Mutu Tinggi	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Beton Mutu Tinggi	24
Gambar 3. 3 Gradasi Agregat Halus Beton Mutu Tinggi	31
Gambar 3. 4 (a) <i>Mixer</i> beton, (b) Alat uji <i>slump</i> , (c) <i>Mold</i> , (d) Cetok, (e) Cawan, (f) Timbangan, (g) Ember	33
Gambar 3. 5 (a) Kerikil, (b) Pasir SSD, (c) Semen PCC, (d) Air	33
Gambar 3. 6 Pengondisian SSD Agregat Kasar	33
Gambar 3. 7 Pengondisian SSD Agregat Halus	34
Gambar 3. 8 Pengondisian Alat <i>Mixer</i> Beton	35
Gambar 3. 9 Alat <i>Mixer</i> Beton	35
Gambar 3. 10 Proses Pengecoran: (a) Mengkondisikan material SSD, (b) Menimbang material, (c) Pengecoran, (d) Uji <i>slump</i> , (e) Pemadatan di <i>mold</i> , (f) Hasil pengecoran beton	36
Gambar 3. 11 Proses <i>Curing</i> Beton dalam Air	36
Gambar 3. 12 Alat Uji <i>Slump</i>	37
Gambar 3. 13 Bahan Uji <i>Slump</i>	37
Gambar 3. 14 Persiapan Alat Uji Tekan (a) <i>Compression Testing Machine</i> (CTM), (b) Timbangan	38
Gambar 3. 15 Persiapan Bahan Uji Tekan (a) Beton silinder, (b) Belerang	38
Gambar 3. 16 Pengujian Kuat Tekan Beton	39
Gambar 4. 1 Diagram Alir <i>Trial HSC (High Strength Concrete)</i>	41
Gambar 4. 2 Diagram Alir <i>Trial HSC (High Strength Concrete)</i> (Lanjutan)	42
Gambar 4. 3 <i>Slump</i> Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	48
Gambar 4. 4 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 7 Hari	60
Gambar 4. 5 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 14 Hari	60

Gambar 4. 6 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari	61
Gambar 4. 7 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 56 Hari	61
Gambar 4. 8 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton <i>Trial</i> HSC-7	62
Gambar 4. 9 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton <i>Trial</i> HSC-8	63
Gambar 4. 10 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton <i>Trial</i> HSC-9	64
Gambar 4. 11 Metode Pencampuran Material.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil Uji Yang Tersedia Kurang Dari 30	13
Tabel 2. 3 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton Dengan Faktor Air Semen, Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia	14
Tabel 2. 4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus.....	15
Tabel 2. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	17
Tabel 4. 1 <i>Mix Design Trial and Error</i>	43
Tabel 4. 2 Hasil Uji <i>Slump Trial Mix Design</i>	46
Tabel 4. 3 Hasil Uji <i>Slump Trial Mix Design</i> (Lanjutan)	47
Tabel 4. 4 Rekomendasi <i>Slump</i> untuk Berbagai Jenis Konstruksi	49
Tabel 4. 5 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-1	50
Tabel 4. 6 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-2	51
Tabel 4. 7 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-3	52
Tabel 4. 8 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-4	53
Tabel 4. 9 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-5	54
Tabel 4. 10 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-6	55
Tabel 4. 11 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-7	56
Tabel 4. 12 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-8	57
Tabel 4. 13 Hasil Kuat Tekan <i>Trial</i> HSC-9	58
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) penggunaan beton mutu tinggi di Indonesia mencapai 60% yang terbagi menjadi beberapa lingkup konstruksi yaitu konstruksi berbagai macam gedung, konstruksi khusus seperti jalan raya, dermaga, pelabuhan dan sejenisnya, serta konstruksi sipil yang mencakup konstruksi berat seperti fasilitas industri, proyek infrastruktur, dan sarana umum (Badan Pusat Statistik, 2024). Hal ini beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, masa layan tinggi, dan efisiensi sangat dibutuhkan dalam perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut. Sehingga beberapa kasus elemen struktur khusus seperti kolom, balok, dan plat harus menggunakan beton mutu tinggi untuk memenuhi syarat desain. Penggunaan beton mutu tinggi tidak hanya sebagai pemenuhan syarat desain tetapi dapat mengurangi dimensi struktur sehingga berat struktur menjadi lebih ringan (Asyah, 2022). Disamping itu, beton mutu tinggi lebih tahan terhadap sulfat dan lebih awet karena porositasnya rendah, sulit ditembus air dan bakteri perusak beton, sehingga sangat dibutuhkan dalam pembangunan infrastruktur (Pujianto, 2010).

Beton mutu tinggi menurut SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang memiliki kuat tekan lebih dari 41,4 MPa. Produksi beton mutu tinggi di era sekarang banyak memakai bahan tambahan untuk mencapai kuat tekan yang direncanakan. Salah satunya adalah penambahan *admixture* jenis *superplasticizer* pada campuran beton sebagai pertimbangan keawetan (durabilitas) beton serta mencapai kemudahan pengerjaan beton (*workabilitas*) (Amir et al., 2024). Penelitian telah dilakukan oleh Ikponmwosa mengenai beton mutu tinggi dengan tambahan *silica fume* dan *superplasticizer* serta ukuran agregat maksimal 10 mm dengan rasio w/c 0,3 menghasilkan kuat tekan sebesar 52,22 MPa pada umur 28 hari (Ikponmwosa et al., 2023). Penelitian juga dilakukan oleh Muhlis yaitu penambahan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan *superplasticizer* dengan kuat tekan yang dihasilkan mencapai 53,31 MPa pada umur 28 hari (Muhlis Mohamad et al., 2020). Meskipun saat ini telah banyak dikembangkan bahan tambahan jenis *superplasticizer* untuk campuran beton mutu tinggi yang digunakan untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan beton (*workability*) dan performa beton dengan faktor air semen yang rendah tanpa mengurangi kuat tekannya (Husin, 2022), tetapi campuran yang digunakan masih terdapat *superplasticizer* sehingga biaya produksi yang dihasilkan juga lebih tinggi sekitar 25 hingga 30% (Yasin et al., 2017). Padahal beton mutu

tinggi tanpa penggunaan *superplasticizer* di Indonesia sudah diatur pada SNI 03-6468-2000 pada poin 5 mengenai proporsi campuran beton kekuatan tinggi.

Kualitas beton mutu tinggi dipengaruhi oleh material yang ada dalam campuran beton, salah satunya adalah karakteristik agregat yang digunakan. Karakteristik agregat tergantung pada kondisi geologis, geografis, iklim, serta proses pembentukannya. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa karakteristik agregat halus dan agregat kasar sangat berpengaruh pada kuat tekan beton mutu tinggi. Beberapa upaya dapat dilakukan untuk mencapai kuat tekan beton mutu tinggi dengan memaksimalkan karakteristik agregat sebagai campuran beton mutu tinggi. Salah satunya dengan memperhatikan kadar organik yang ada pada agregat, semakin rendah kadar organik pada agregat maka kuat tekan yang diperoleh semakin tinggi, karena kadar organik pada campuran dapat mengganggu proses hidrasi semen dengan agregat. Selain itu, kadar air yang tinggi dapat meningkatkan faktor air semen (FAS) yang mengakibatkan turunnya kuat tekan beton jika tidak dikoreksi dengan baik (Amir et al., 2024). Beton mutu tinggi memiliki faktor air semen rendah yang berkisar antara 0,20-0,30 (Hardjasaputra, 2009). Tetapi, faktor air semen yang terlalu rendah dapat mempengaruhi *workability*/kemudahan pengerjaan beton menjadi sulit yang menyebabkan beton menjadi keropos, sehingga kuat tekan beton menurun (Tarigan, Abdul, & Mulia, 2021). Hal tersebut dapat diatasi dengan memperhatikan kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) pada agregat karena dapat mempengaruhi faktor air semen. Agregat dalam kondisi SSD telah menyerap air hingga kapasitas maksimal permukaannya yang berarti bahwa agregat SSD tidak akan menyerap lebih banyak air dari campuran beton (Ginting & Gunawan, 2011). Selain itu, perlu diperhatikan gradasi agregat beton baik agregat kasar maupun agregat halus untuk meminimalkan kadar rongga udara yang ada pada beton sehingga walaupun hanya menggunakan bahan utama beton yaitu semen, kerikil, pasir, dan air mutu beton tetap dapat tercapai. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Meddah yang mengatur penggunaan gradasi agregat kasar ukuran 3/8" (9,5 mm) sebanyak 20%, 8/15" (± 12 mm) 40%, dan 15/25" (15 mm) 40% maka dalam perbandingan yaitu 1:2:2 dengan proporsi campuran semen 335 kg/m³ tanpa menggunakan *superplasticizer* mendapatkan kuat tekan 41,5 MPa. . Berdasarkan hasil penelitian tersebut, gradasi agregat kasar berpengaruh dalam memberikan kuat tekan yang lebih tinggi (Meddah et al., 2010). Kemudian penelitian yang telah dilakukan oleh Nurlita Pertiwi mengenai pemilihan gradasi agregat halus didapatkan hasil bahwa penggunaan gradasi agregat halus pada zona No. 2 dicampurkan dengan agregat maksimal 10 mm pada campuran beton tanpa *superplasticizer* memberikan *workability* yang baik dan sesuai yang disyaratkan (Pertiwi, 2014).

Mengacu pada penjelasan terkait belum adanya penelitian secara khusus mengenai beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* sebagai campuran beton. Penelitian ini berfokus pada pembuatan beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dengan memperhatikan syarat material serta metode pencampuran dengan mengontrol kadar air melalui metode SSD agegrat dan penyesuaian gradasi agregat untuk optimasi *workability* dan kuat tekan pada campuran beton mutu tinggi. Sehingga tetap tercapainya kualitas beton mutu tinggi tanpa adanya bahan tambahan *superplasticizer*. Hasil dari penelitian juga dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah kuat tekan beton telah memenuhi syarat beton mutu tinggi minimal 41,4 MPa berdasarkan SNI 03-6468-2000.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diselesaikan pada riset ini adalah:

1. Bagaimana mendapatkan komposisi/*mix design* yang optimum dan metode pencampuran material untuk membuat beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer*?
2. Bagaimana hasil dari komposisi/*mix design* yang didapatkan, apakah dapat memenuhi syarat beton mutu tinggi?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari riset ini adalah:

1. Mendapatkan komposisi/*mix design* yang optimum metode pencampuran material untuk membuat beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer*.
2. Mendapatkan hasil dari komposisi/*mix design* yang didapatkan dan memenuhi syarat beton mutu tinggi

1.4 Batasan Masalah

Berikut ini adalah batasan masalah yang dalam laporan proyek akhir ini:

1. Mutu beton yang dicapai diatas mutu standar beton mutu tinggi ($f'_c > 41,4$ MPa).
2. Material yang digunakan hanya material lokal penyusun beton tanpa *superplasticizer*.
3. Semen yang digunakan Semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC) merk Semen Gresik
4. Agregat halus berasal dari Pasir Lumajang
5. Agregat kasar berasal dari Kerikil Mojokerto
6. Agregat yang digunakan maksimal 20 mm
7. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur 7, 14, 28, 56 hari
8. Benda uji yang digunakan 10x20 cm

1.5 Manfaat

Pada penulisan proyek akhir ini diharapkan membawa manfaat sebagai berikut:

1. Dengan keberhasilan penelitian ini dan diperoleh nilai-nilai komposisi yang optimum, maka diharapkan akan menjadi referensi bagi peneliti lain tentang perencanaan beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dengan memaksimalkan potensi agregat tanpa bahan tambahan.
2. Mengembangkan komposisi beton mutu tinggi yang lebih mudah untuk diterapkan pada masyarakat luas sebagai material konstruksi skala besar.
3. Dapat menambah kemanfaatan untuk membuat beton mutu tinggi menggunakan material agregat kasar, agregat halus, semen, dan air tanpa *superplasticizer*.
4. Sebagai perkembangan ilmu di bidang teknik sipil untuk meminimalisasi biaya produksi yang tinggi dalam membuat beton mutu tinggi.

1.6 Outline Pembahasan

1. BAB I Pendahuluan: Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan penelitian, manfaat, serta *outline* pembahasan dari penelitian.
2. BAB II Tinjauan Pustaka: Pembahasan mengenai penelitian terdahulu yang sesuai dengan penelitian ini, dasar teori, hingga standar pengujian yang dipakai.
3. BAB III Metodologi: Pembahasan mengenai metode penelitian dimulai dengan studi literatur, persiapan dan pengujian material, pembuatan benda uji hingga analisis hasil penelitian.
4. BAB IV Hasil dan Pembahasan: Pembahasan mengenai hasil dari *trial* mix design meliputi uji beton segar hingga uji kuat tekan beton.
5. BAB V Kesimpulan dan Saran: Pembahasan mengenai kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan studi pustaka yang berasal dari jurnal-jurnal terdahulu serta studi karya tulis terkait. Referensi yang diambil terlampir pada **Tabel.2.1**.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Judul	Peneliti	<i>Admixture</i>	Aditif	Rasio Bahan Pengikat : Pengisi	Rasio Bahan Pengisi	Fc' (MPa)	FAS
<i>Effect of content and particle size distribution of coarse aggregate on the compressive strength of concrete</i> “Pengaruh Kandungan dan Distribusi Ukuran Partikel Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton”	Mohammed Seddik Meddah, Salim Zitouni, Said Belaabes	-	-	1:3,7	1:2 (Gradasi agregat kasar dipakai ukuran 3/8” (9,5 mm) sebanyak 20%, 8/15” (±12 mm) 40%, dan 15/25” (15 mm) 40%)	41,5	0,58
Komposisi Beton Mutu Tinggi 60 MPa Dengan Penambahan <i>Superplasticizer</i>	Onne Mutiara Ramadhini Asyah	Consol P100 ESP (0,65%)	-	1:3,2	1:1,7	60,71	0,25
Pemanfaatan Beton Daur Ulang Sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Beton Mutu Tinggi	Hari Bardosono, dan Bernadinus Herbudiman	<i>Conplast-SP430</i> (2%)	-	1:1:2	1:2	48,05	-
Pengaruh Semen OPC dan PCC Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton Mutu Tinggi Faktor Air Semen 0,36 Dan 0,39	Eddy Purwanto, Hasti Riakara Husni, Anggarani Budi Wibowo	Naptha 511P (1,2%)	-	1:3,5	1:1,5	OPC (37 MPa) PCC (15 MPa)	0,36

Investigating The Concrete Properties With And Without Additives “Menyelidiki Sifat Beton Dengan Dan Tanpa Aditif” Vol. 11 Issue. 11 (Nov 2024)	Bibek Bhandari	-	Abu Sekam Padi (1,5% dari berat semen)	1:4,12	1:2,32	47,05	0,45
		-	- (tanpa abu sekam)	1:4,12	1:2,32	39,45	0,45
Optimasi Penggunaan Fly Ash Dengan Kadar Semen Minimum Pada Beton Mutu Tinggi	Erfan Mohammad, Surbakti Sriliani, Roostrianawaty Nenny	MasterGlenium ACE 8580 (0,43%)	Fly Ash (30%)	1:5,4	1:1,4	58,77	0,34
Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi 45 Mpa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Penganti Sebagian Semen Vol 8 No. 1 Juni 2020	Mohamad, Rahmat M., et al.	Superplasticizer	Fly Ash (30%)	-	-	45,81	0,335
Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Biji Besi Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP) 1(1):179-188 (2018)	Urina, N., Aulia, T. B., & Muttaqin, M.	Superplasticizer jenis polycarboxilate ether (1,5%)	Fly ash batu bara (15%), Pasir pozzolan (10%)	1:1,04	1:1	44,40	0,3
Pembuatan Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Zat Superplasticizer SIKAMENT LN (Mutu f'c 55) Vol. 2 No. 01 (2024)	Akmal, F., Taufik, & Khadavi.	Sikament LN 2%	-	1:2	1:1,68	42,972	-

Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah <i>Superplastisizer</i> dan <i>Fly Ash</i> Vol. 13, No. 2, 171-180, November 2010	As'at Pujianto	Sikamen NN Type F (2%)	<i>Fly Ash</i> (10%)	1:2,13	1:1,21	57	0,31
Beton Mutu Tinggi Tanpa Proses Pemadatan Manual Vol.11 No.1, Januari 2012	Pratikto, Susilowati A.	<i>Superplasticizer</i> (1,8%)	<i>Silicafume</i> (7%), <i>Slag</i> Baja (44,8%)	1:1,23	1:1,22	48, 84	0,2

2.2 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan kuat tekan $\geq 41,4$ MPa sesuai yang disyaratkan SNI 03-6468-2000. Material penyusun beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar yang berperan sebagai bahan pengisi beton, air dan semen sebagai bahan pengikat beton. Serta terdapat bahan tambahan lain dengan perbandingan dengan jumlah tertentu. Beton mutu tinggi merupakan beton khusus yang dibuat dari material dengan kualitas tinggi. Nilai faktor air semen (FAS) yang diperlukan untuk mencapai beton mutu tinggi adalah kadar fas rendah dengan kisaran antara 0,20-0,30 (ACI, 1998), karena air berperan sebagai pembantu reaksi kimia pada beton.

2.3 Beton Mutu Tinggi Tanpa *Superplasticizer*

Ketentuan campuran beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* telah diatur dalam SNI 03-6468-2000. Walaupun pada perencanaan beton mutu tinggi disarankan untuk penggunaan *superplasticizer*, pembuatan beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dapat dicapai dengan mengoptimalkan pemilihan agregat berkualitas tinggi, memperhatikan gradasi agregat dalam campuran. Memperhatikan kondisi *saturated surface dry* (SSD) pada agregat beton digunakan untuk membantu mempermudah pada saat pengerjaan beton karena mengingat sedikitnya penggunaan air pada beton mutu tinggi (Ikponmwosa et al., 2023).

2.4 Teori Bahan Penyusun Beton Mutu Tinggi

Bahan penyusun beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Penelitian beton mutu tinggi tidak menggunakan *admixture* atau bahan tambahan namun

menggunakan potensi agregat lokal untuk mengoptimalkan campuran pada beton. Pengoptimalan agregat lokal yang digunakan adalah dengan memperhatikan karakteristik agregat telah sesuai dengan persyaratan ASTM C-33-03.

2.4.1 Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat halus dan agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi beton sebanyak 60-80% dari volume beton. Kualitas agregat berpengaruh pada sifat-sifat beton, sehingga perlu diperhatikan pemilihan agregat untuk menjaga performa beton (Su dkk., 2001). Selain kualitas, komposisi perbandingan agregat halus dan agregat kasar juga mempengaruhi performa dari beton (Keke et al., 2019). Maka, proporsi agregat harus disesuaikan dengan performa yang ditargetkan. Agregat kasar difungsikan sebagai kekuatan utama beton, tentu proporsinya lebih tinggi dibandingkan agregat halus yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) untuk mencapai kuat tekan yang ditargetkan (Raharjo dkk., 2013).

2.4.1.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan bahan pengisi (*filler*) rongga (*void*) kosong antar agregat kasar yang ada di dalam beton. Ukuran agregat halus lebih kecil dari ayakan 4,75 mm. Karakteristik agregat halus diatur dalam SNI-03-2461-1991/2002 dan ASTM C-33-03 sebagai berikut:

1. Kadar lumpur yang dimaksimalkan adalah 3% berat kering (beton yang mengalami abrasi) dan maksimal 5% berat kering (beton yang tidak mengalami abrasi).
2. Kadar resapan air harus $< 2\%$.
3. Modulus kehalusan (*fineness modulus*) 1,5-3,8. Variasi modulus kehalusan agregat halus yang digunakan dalam *mix design* tidak boleh melebihi 7%.

2.4.1.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan bahan pengisi beton utama yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos ayakan 4,75 mm. Agregat kasar didapatkan dari industri pemecah batu dengan ukuran butiran antara 4,75 mm sampai 40 mm. Karakteristik agregat kasar sesuai dengan ASTM C 33-03 (2010) adalah:

1. Agregat pipih dan agregat panjang, 20%
2. Kadar lumpur yang diperbolehkan $< 5\%$ dari berat kering
3. Kadar resapan air harus $< 3\%$
4. Keausan dibatasi $< 40\%$ untuk mutu 21-40 Mpa dan $< 27\%$ untuk mutu beton lebih dari 40 Mpa. Uji keausan agregat menggunakan alat Los Angeles yang diputar 500 putaran hingga butirannya hancur dibatasi dengan ketentuan tersebut.

2.4.2 Semen *Portland* Tipe 1

a. *Ordinary Portland Cement (OPC)*

Semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) diproduksi dengan membakar campuran batu kapur dan tanah liat pada suhu tinggi hingga membentuk klinker, yang kemudian digiling halus bersama *gypsum* untuk mengontrol waktu pengerasan. Komposisi utama semen OPC meliputi kalsium oksida (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), dan sedikit magnesium oksida (MgO) serta alkali. Reaksi hidrasi senyawa utama seperti *tricalcium* silikat (C_3S) dan *dicalcium* silikat (C_2S) menghasilkan gel C–S–H yang memberikan kekuatan tekan pada beton. Kekuatan tekan beton yang menggunakan semen OPC umumnya mencapai ≥ 16 MPa dalam 3 hari, ≥ 22 MPa dalam 7 hari, dan mencapai grade 33–53 MPa setelah 28 hari, tergantung jenis OPC (grade 33, 43, atau 53) (Batubara & Pangaribuan, 2023; Saraswathy, 2017).

Keunggulan semen OPC terletak pada kemampuannya memberikan kekuatan tekan tinggi dalam waktu relatif singkat, menjadikannya pilihan utama dalam konstruksi beton bertulang, plesteran, dan elemen pracetak. *Fineness* yang ideal berkisar 225–350 m^2/kg memastikan hidrasi efisien dan konsistensi pengerjaan yang baik. Selain itu, semen OPC memiliki ketahanan terhadap reaksi alkali–agregat dan serangan sulfat (Batubara & Pangaribuan, 2023; Saraswathy, 2017).

b. *Portland Composit Cement (PCC)*

Semen PCC (*Portland Composite Cement*) merupakan jenis semen varian baru yang mempunyai kualitas lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan semen Portland pada umumnya. Komposisi bahan baku semen PCC adalah *clinker*, *gypsum* dan zat tambahan (*Additive*). Bahan aditif yang digunakan yaitu batu kapur (*lime stone*), abu terbang (*fly ash*) dan Trass dimana terdapat senyawa SiO_2 yang dapat meningkatkan kuat tekan beton (Hariawan, 2007). Keunggulan semen PCC:

1. Penggunaan bahan bakar dalam produksi PCC dapat dikurangi hingga 20% dengan mengganti sebagian klinker menggunakan material komposit.
2. Penggantian klinker dengan komposit turut menurunkan emisi gas CO_2 .
3. PCC memanfaatkan limbah industri seperti slag dan fly ash sebagai bahan pengganti klinker.
4. Proses produksinya menggunakan teknologi penangkap debu canggih yang menjaga emisi tetap di bawah batas aman.
5. Sebagian bahan bakar dalam produksi PCC digantikan oleh energi alternatif terbarukan seperti sekam padi, serbuk kayu, dan limbah ban.

6. PCC memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat, panas hidrasi rendah, dan daya kedap yang baik, sehingga mendukung umur bangunan lebih panjang.
7. Kemasan PCC dibuat dari material yang dapat didaur ulang dan bebas zat berbahaya.
8. Produsen PCC aktif menjaga lingkungan tambang melalui reklamasi lahan, pengelolaan air, penanaman energi terbarukan, dan pelestarian keanekaragaman hayati (Indocement, 2018).



Gambar 2. 1 *Portland Composite Cement*

2.4.3 Air

Air merupakan material yang penting dalam proses pembuatan beton yang dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Penggunaan air harus diperhatikan karena jika penggunaan air terlalu berlebihan membuat mutu beton turun, Selain itu, kelebihan air menyebabkan terjadinya bleeding, di mana air dan semen naik ke permukaan dan terpisah dari agregat. Ada beberapa persyaratan yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Husnah, 2016):

1. Kandungan lumpur atau partikel melayang lain tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak boleh mengandung garam yang dapat merusak beton seperti asam dan zat organik lebih dari 15 gr/ltr.
3. Klorida (Cl) dalam air tidak boleh lebih dari 0.5 gr/ltr
4. Kandungan senyawa sulfat tidak boleh lebih dari 1 gr/ltr.

Air juga berperan pada proses hidrasi. Hidrasi semen merupakan reaksi kimia antara semen dan air yang menghasilkan panas. Ketika air bereaksi dengan semen, panas yang terbentuk mempercepat pengerasan beton. Popovics (1992) membagi proses hidrasi ini menjadi beberapa tahap:

1. Tahap *zero stage*, yaitu semen dan air mulai bersentuhan.

2. Tahap *first stage*, yaitu mulai terbentuk gel hidrasi pada permukaan semen, membentuk lapisan pelindung dan proses ini memerlukan cukup banyak air agar berjalan efektif.
3. Tahap *second stage*, yaitu proses setelah tahap first stage, ketika lapisan gel semakin menebal di sekitar partikel semen, sehingga laju reaksi menjadi lebih lambat.
4. Jika panas yang dihasilkan selama proses hidrasi tidak dapat disalurkan dengan baik dalam beton, maka dapat terjadi perbedaan suhu internal yang signifikan. Perbedaan suhu ini menyebabkan tegangan termal yang dapat melebihi kekuatan tarik beton, sehingga berisiko menimbulkan retakan pada struktur beton tersebut.

2.5 Gradasi Agregat

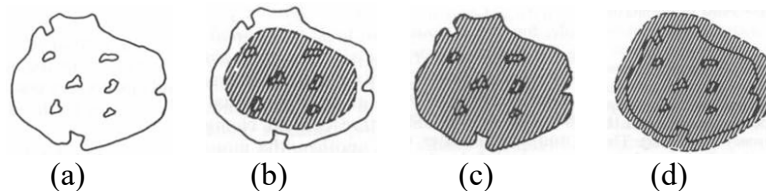
Gradasi agregat menurut ASTM C33-23 adalah distribusi ukuran agregat berdasarkan persentase lolos saringan standar yang bertujuan untuk memastikan kepadatan dan stabilitas optimal dalam campuran beton. Agregat beton berfungsi sebagai bahan pengisi yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Pengaturan persentase gradasi agregat beton yang lebih kecil diperlukan untuk mengisi celah di antara agregat yang lebih besar, sehingga kepadatan beton meningkat dan berpengaruh terhadap kuat tekan beton (Prastiyo et al., 2024). Agregat beton yang lebih kecil tidak hanya berfungsi untuk mengisi celah di antara agregat kasar, tetapi juga memengaruhi karakteristik beton segar yang berpengaruh pada *workability* beton (Pertiwi, 2014). Hal tersebut perlu diperhatikan untuk campuran beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer*.

Pengaturan gradasi agregat kasar berpengaruh terhadap kekuatan beton mutu tinggi, seperti penelitian yang dilakukan oleh Meddah yang mengatur penggunaan gradasi agregat kasar ukuran 3/8" (9,5 mm) sebanyak 20%, 8/15" (± 12 mm) 40%, dan 15/25" (15 mm) 40% maka dalam perbandingan yaitu 1:2:2 dengan proporsi campuran semen 335 kg/m³ tanpa menggunakan *superplasticizer* mendapatkan kuat tekan 41,5 MPa. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, gradasi agregat kasar berpengaruh dalam memberikan kuat tekan yang lebih tinggi (Meddah et al., 2010).

Berdasarkan SNI 2834-2000 pasir diklasifikasikan berdasarkan ukurannya yaitu gradasi pasir kasar (No. 1), gradasi pasir agak kasar (No. 2), gradasi pasir agak halus (No. 3), dan gradasi pasir halus (No. 4). Penelitian yang telah dilakukan oleh Nurlita Pertiwi didapatkan hasil bahwa penggunaan gradasi agregat halus No. 2 dicampurkan dengan agregat maksimal 10 mm pada campuran beton tanpa *superplasticizer* memberikan *workability* yang baik dan sesuai yang disyaratkan (Pertiwi, 2014).

2.6 Saturated Surface Dry (SSD)

Berdasarkan ASTM C127, kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) pada agregat beton adalah keadaan di mana permukaan agregat telah kering, tetapi pori-pori dalamnya masih jenuh air. Penggunaan agregat dalam kondisi SSD sangat berpengaruh terhadap kualitas beton mutu tinggi tanpa bahan tambahan. Agregat SSD memastikan tidak ada penyerapan atau pelepasan air tambahan. Jika agregat tidak dalam kondisi SSD, penyerapan air dapat mengubah FAS yang ditetapkan, menurunkan kekuatan, dan ketahanan beton. Agregat SSD juga mencegah kelembaban berlebih yang dapat menyebabkan masalah seperti porositas dan retakan (Neville & Brooks, 2010). Kondisi agregat SSD dapat mempengaruhi *workability* beton. Pada kondisi ini, beton memiliki nilai *slump* yang lebih stabil dibandingkan dengan kondisi air kering atau basah karena agregat SSD tidak menyerap atau melepaskan air berlebihan, sehingga konsistensi beton tetap konsisten selama proses pengecoran. Selain itu, kondisi SSD juga mempengaruhi kuat tekan beton dengan hasil yang lebih baik dibandingkan kondisi lainnya, karena agregat SSD dapat menyerap air semen dengan lebih efisien, sehingga membentuk ikatan kisi beton yang lebih kuat dan stabil (Ginting & Gunawan, 2011). Sehingga penting untuk mempertahankan kontrol yang tepat atas kadar air dalam campuran beton agar tercapainya beton mutu tinggi dengan kekuatan dan durabilitas yang optimal. Berikut merupakan skema kelembaban agregat serta kondisi ssd agregat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 (a) Kering Oven, (b) Kering Udara, (c) Jenuh Kering Permukaan (SSD), (d) Lembab
Sumber: Neville & Brooks, 2010

2.7 Mix Design

Perhitungan *mix design* untuk menentukan proporsi campuran material mengacu pada SNI-03-2834-2002. Berikut merupakan tata cara perhitungan *mix design*:

1. Menetapan rencana kuat tekan pada umur tertentu
2. Deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus Persamaan (2.1):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

s = deviasi standar

x_i = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$ = kuat tekan beton rata-rata menurut rumus Persamaan (2.2):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, jumlah diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji).

dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

1. Mewakili bahan, prosedur pengendalian mutu, dan kondisi produksi yang sejenis dengan pekerjaan yang direncanakan;
2. Mewakili kuat tekan beton f'_c yang berada dalam selisih maksimal 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditetapkan;
3. Paling sedikit Terdiri dari minimal 30 hasil uji berturut-turut atau dua kelompok hasil uji dari produksi selama setidaknya 45 hari;
4. Bila suatu produksi beton tidak memiliki dua hasil uji yang memenuhi pasal 4.2.3.1 butir 1), tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari **Tabel 2.2**

Tabel 2. 2 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil Uji Yang Tersedia Kurang Dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

5. Jika data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar memenuhi persyaratan butir 4.2.3.1 1) di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}) harus diambil tidak kurang dari ($f'_c + 12$ MPa);

3. Nilai tambah dihitung menurut rumus Persamaan (2.3):

$$M = 1,64 \times sr \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

Sr = deviasi standar rencana

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung menurut rumus Persamaan (2.4):

$$f_{cr} = f'_c + M \dots \dots \dots (2.4)$$

$$f_{cr} = f'_c + 1,6 Sr$$

Dengan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = Nilai tambah/margin (MPa)

5. Menetapkan jenis semen yang digunakan

6. Menentukan jenis agregat kasar dan halus yang digunakan

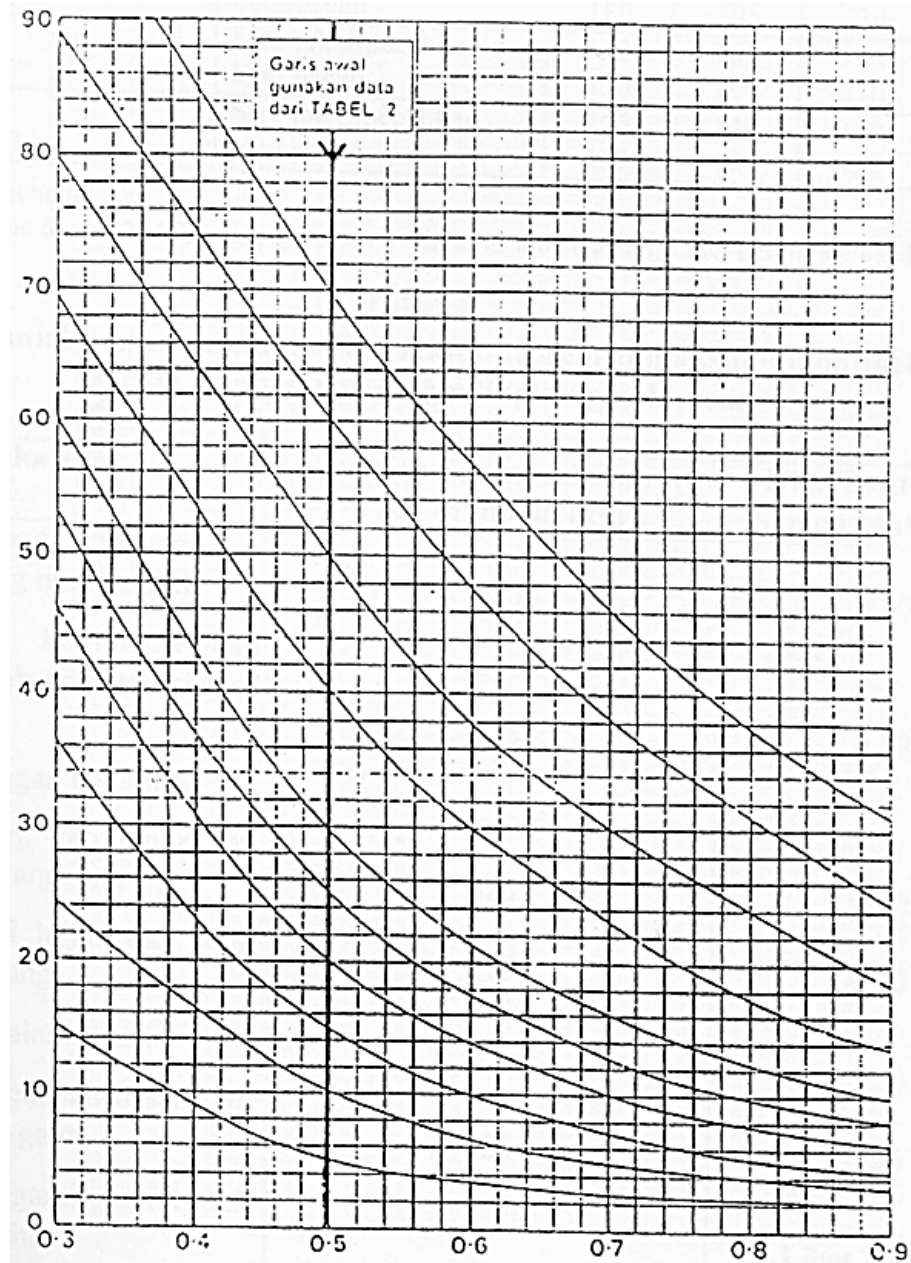
7. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

1. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen diperoleh dari penelitian yang sesuai dengan material dan kondisi pekerjaan yang direncanakan. Jika data tersebut tidak tersedia dapat digunakan pedoman **Tabel 2.3** dan **Gambar 2.3**.

Tabel 2. 3 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton Dengan Faktor Air Semen, Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 2. 3 Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen

2. Untuk kondisi lingkungan khusus, batas maksimum faktor air semen harus mengacu pada SNI 03-1915-1992 tentang beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang beton bertulang kedap air sesuai **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif	325	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: a. air tawar		Lihat Tabel 6
b. air laut		

Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut :

1. Tentukan kuat tekan beton umur 28 hari menggunakan **Tabel 2.3** sesuai jenis semen dan agregat yang digunakan.
2. Gunakan **Gambar 2.3** jika benda uji berbentuk silinder.
3. Tarik garis vertikal dari nilai faktor air-semen 0,5 hingga memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada langkah 1.
4. Buat kurva baru secara proporsional melalui titik potong pada langkah 3.
5. Tarik garis horizontal dari nilai kuat tekan target hingga memotong kurva baru pada Langkah 4
6. Dari titik potong tersebut, tarik garis vertikal ke bawah untuk mendapatkan nilai faktor air-semen yang dibutuhkan.
7. Tentukan faktor air semen maksimum
8. Tentukan nilai *slump* sesuai butir 4.2.3.
9. Tentukan ukuran agregat maksimum sesuai butir 4.2.3.4
10. Tentukan nilai kadar air bebas sesuai butir 4.2.3.4.

Agregat gabungan berupa campuran antara pasir alami dan kerikil maka kadar air bebas harus dihitung dengan rumus Persamaan (2.5):

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

Wh = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Tabel 2. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

<i>Slump</i> (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat				
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	250	203	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Menghitung kadar semen dengan Persamaan (2.6)

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Kadar Air}}{\text{Faktor Air Semen}} \dots\dots\dots(2.6)$$

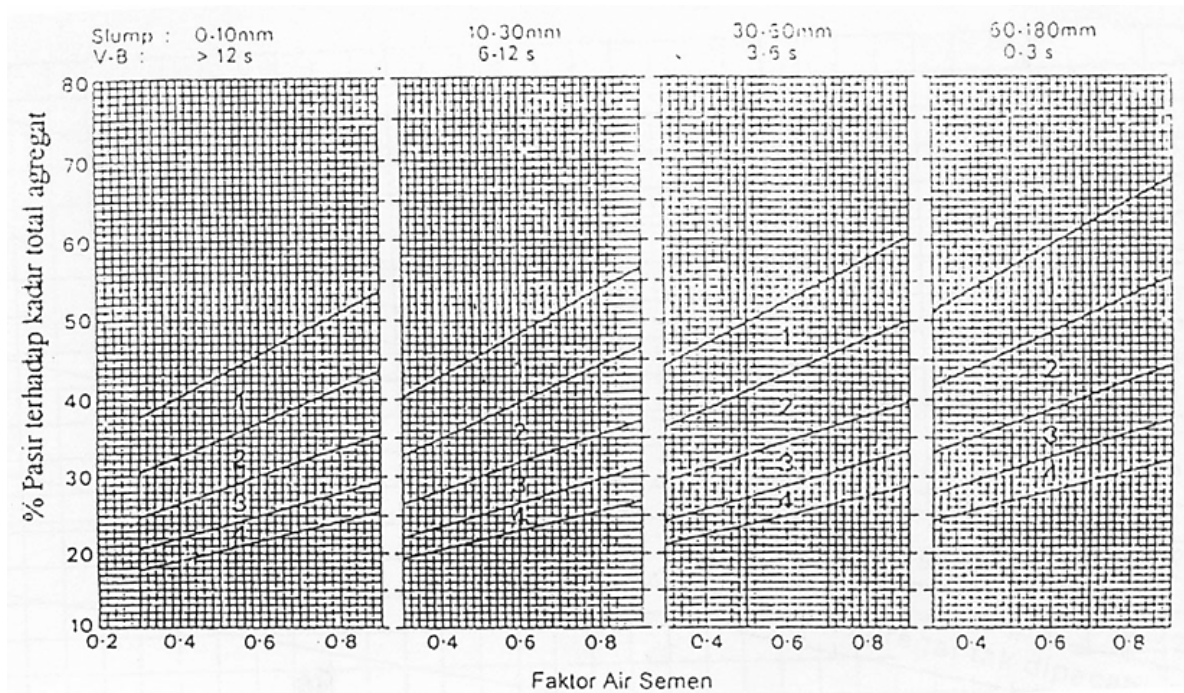
12. Tentukan kadar semen maksimum: tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan.

13. Tentukan kadar semen minimum: ditetapkan 325 Kg/m³

14. Faktor air semen yang disesuaikan: hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.

15. Menentukan susunan butir agregat halus. Jika hasil analisa ayakan sesuai standar telah tersedia, kurvanya dapat dibandingkan dengan Grafik 3 hingga 6 atau disesuaikan melalui kombinasi seperti pada Tabel 8;

16. Hitung proporsi agregat halus menggunakan grafik 14 pada **Gambar 2.4**.

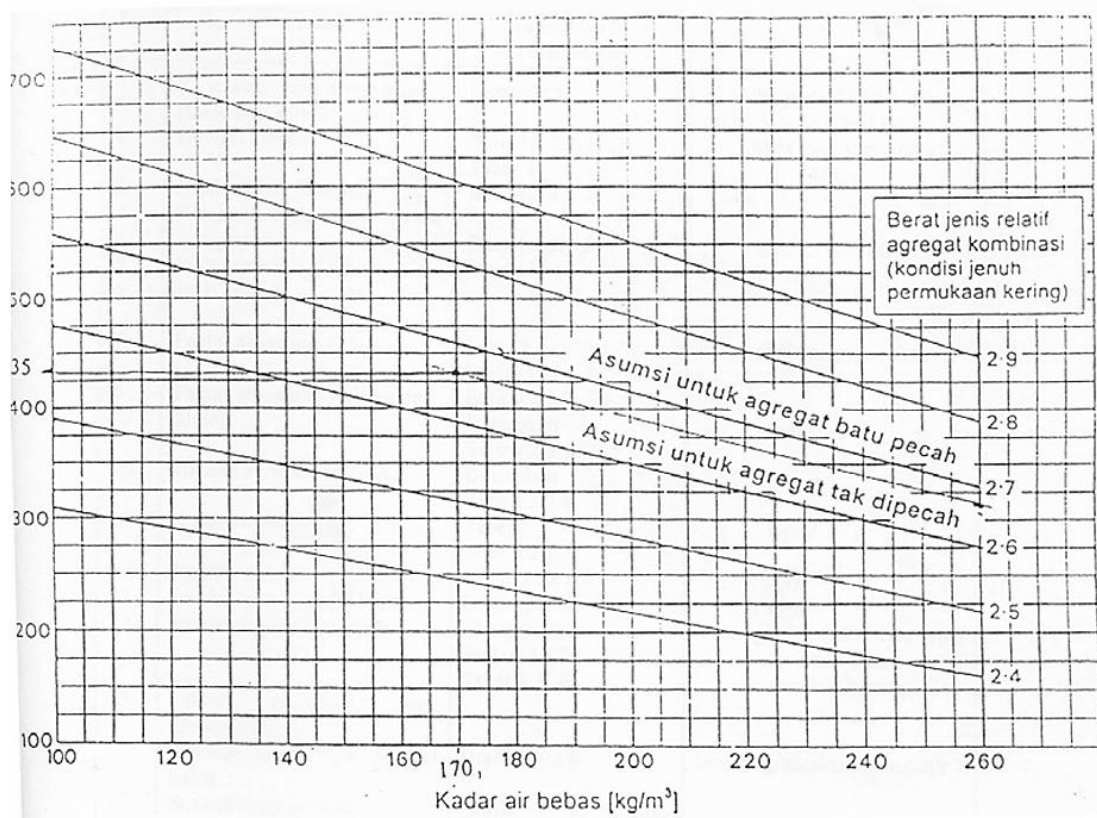


Gambar 2. 4 Grafik 14 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

17. Menghitung berat jenis relatif agregat yang merupakan berat jenis agregat gabungan halus dan agregat kasar. Maka dapat dihitung dengan:

DJ agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

18. Menentukan berat isi beton berdasarkan **Gambar 2.5** sesuai dengan kadar air bebas yang didapatkan dari **Tabel 2.5** serta berat jenis relatif dari agregat gabungan menurut butir 17.



Gambar 2. 5 Grafik 16 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Telah Selesai Didapatkan

19. Menghitung kadar agregat gabungan yaitu dari beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
20. Menghitung kadar agregat halus (presentase agregat halus x kadar agregat gabungan)
21. Menghitung kadar agregat kasar (presentase agregat gabungan - kadar agregat halus)
22. Hitung proporsi campuran dengan kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan
23. Koreksi proporsi campuran

Apabila agregat tidak berada dalam kondisi jenuh kering permukaan, maka proporsi campuran agregat halus harus dikoreksi berdasarkan kadar airnya. Koreksi ini dilakukan minimal sekali sehari dan dihitung menggunakan Persamaan (2.7) hingga Persamaan (2.9):

$$1) \text{ air} = B - (Ck - Ca) \times C/100 - (Dk - Da) \times D/100 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$2) \text{ agregat halus} = C + (Ck - Ca) \times C/100 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$3) \text{ agregat kasar} = D + (Dk - Da) \times D/100 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan:

B adalah jumlah air

C adalah jumlah agregat halus

D adalah jumlah agregat kasar

Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

Da adalah absorpsi agregat kasar (%)

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dari pengumpulan material penyusun sampai dengan pengujian beton mutu tinggi. Tahapan penelitian sangat penting untuk disusun agar penelitian lebih terarah dan terorganisir dengan harapan mendapatkan hasil yang optimum. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan percobaan *trial and error* di laboratorium berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum dalam membuat beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* yang nantinya hasil penelitian ini dapat diterapkan pada masyarakat luas dengan mudah.

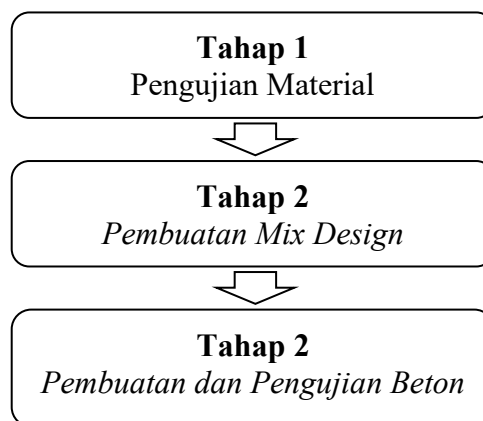
3.1.1 Studi Literatur

Pada tahap penelitian ini digunakan literatur yang berupa standart yaitu ASTM, SNI, dan ACI serta referensi pendukung berupa jurnal yang didapatkan dari sumber yang terpercaya. Standart dan referensi yang digunakan dalam penelitian ini membahas tentang:

1. Standart pengujian material beton
2. Beton mutu tinggi
3. Metode curing
4. Standart pengujian beton mutu tinggi (kuat tekan)

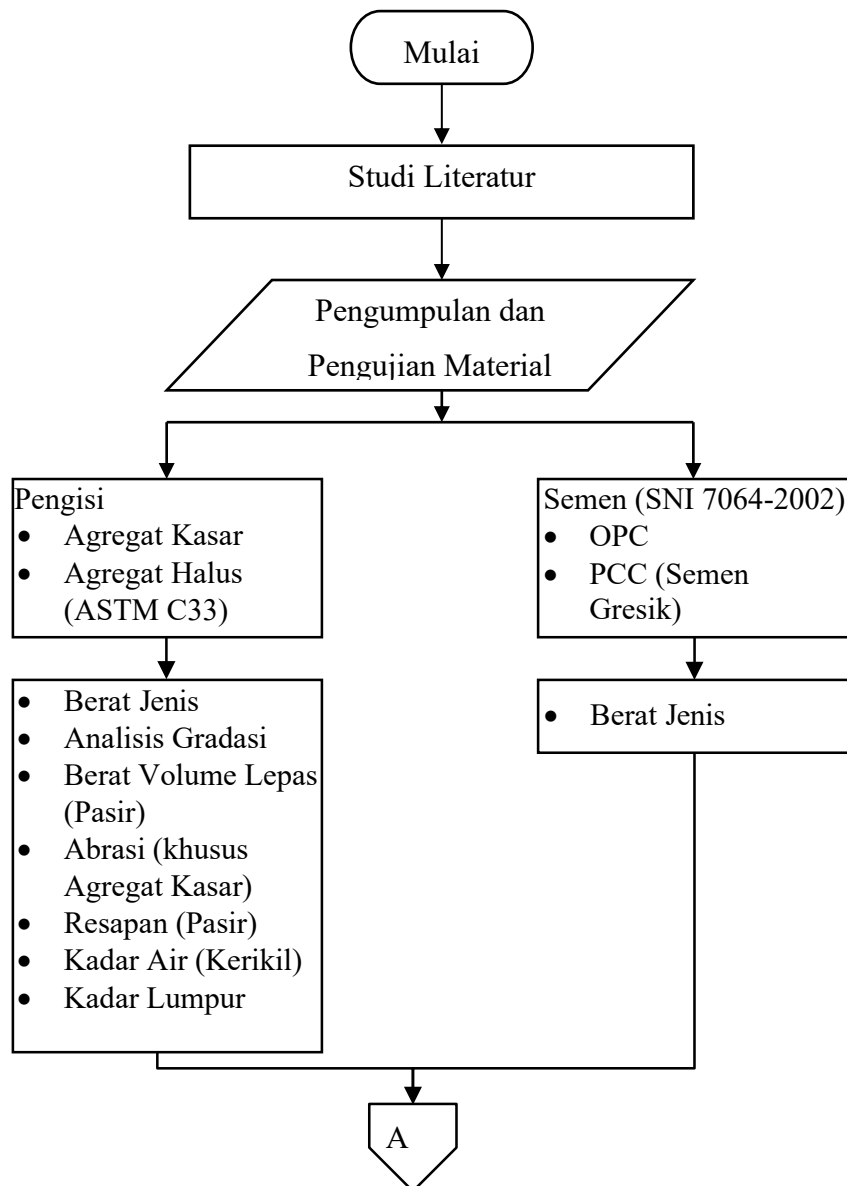
3.1.2 Flowchart Metodologi Penelitian

Gambar 3. 1 menunjukkan diagram alir mengenai runtutan langkah dalam prosedur pembuatan benda uji beton mutu tinggi. Terdapat tiga tahap dalam penelitian ini, yaitu Tahap 1 persiapan alat dan material, Tahap 2 pembuatan mix design, dan Tahap 3 adalah pembuatan dan pengujian beton mutu tinggi, tahapan tersebut teralmpir dalam bentuk *flowchart* pada **Gambar 3.2**.

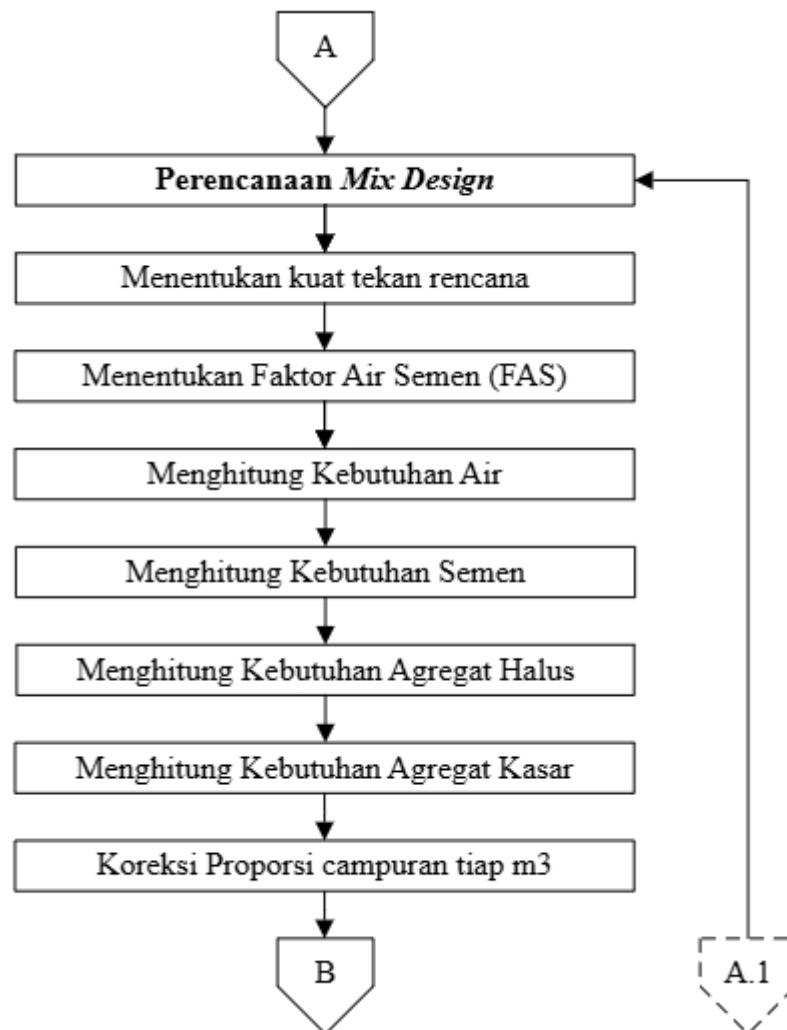


Gambar 3. 1 Flowchart Prosedur Penelitian Beton Mutu Tinggi

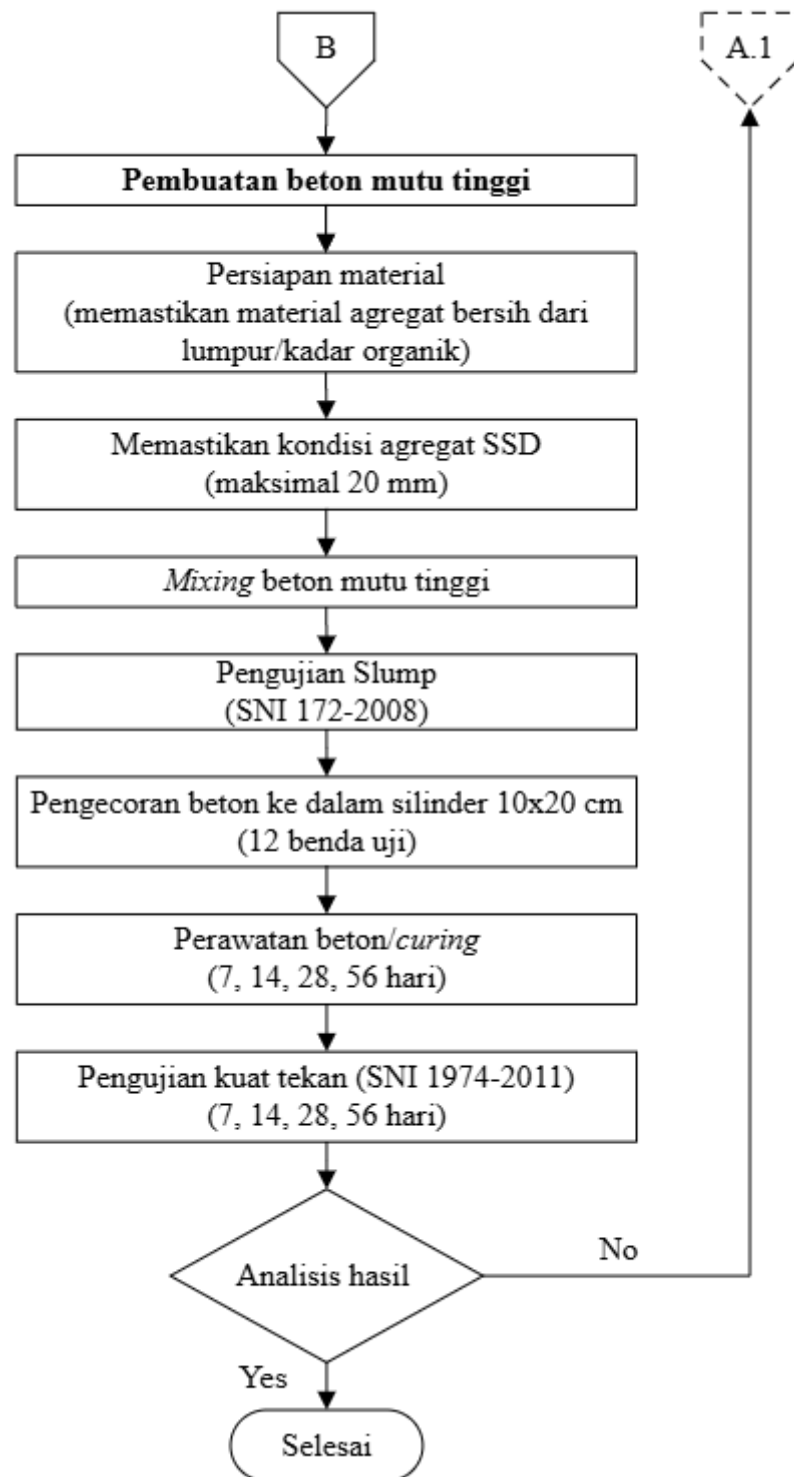
Tahap Pertama



Tahap Kedua



Tahap ketiga



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Beton Mutu Tinggi

Tahap pertama dimulai dengan studi literatur tentang beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* yang mengacu pada standar serta beberapa jurnal terkait. Selanjutnya

dilakukan pengumpulan dan pengujian material yaitu semen, agregat kasar, dan agregat halus. Apabila tahap pertama selesai dilakukan maka berlanjut pada tahap selanjutnya.

Tahap kedua dimulai setelah tahap pertama selesai dilakukan. Tahap kedua diawali dengan perencanaan *mix design* berdasarkan hasil dari tahap pertama. Perencanaan *mix design* dengan menentukan kuat tekan rencana hingga mendapatkan kebutuhan proporsi campuran per m³.

Tahap ketiga merupakan tahapan untuk mencapai hasil penelitian yang meliputi tata cara pembuatan beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer*, pengujian beton segar yaitu pengujian *slump*, perawatan beton dengan *curing* rendaman air, serta pengujian kuat tekan dilakukan umur 7, 14, 28, dan 56 hari.

3.2 Penjelasan Tahap Penelitian

Sub bab ini menjelaskan mengenai tahapan penelitian Potensi Material lokal untuk Beton Mutu Tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan yaitu yang pertama tahap pengumpulan dan pengujian material, tahap kedua pembuatan *mix design*, dan tahap yang ketiga yaitu pembuatan dan pengujian beton.

3.2.1 Persiapan dan Pengujian Material Penyusun Beton Mutu Tinggi

3.2.1.1 Agregat Halus

Agregat halus dalam penelitian ini berupa pasir yang berasal dari Lumajang. Suatu material digolongkan sebagai agregat halus jika ukuran butirnya kurang dari 4,75 mm atau lolos saringan no. 4. Pengujian agregat halus meliputi berat jenis, analisa gradasi, berat volume, kadar air, dan kadar lumpur dengan acuan standar yang berlaku yaitu *American Society for Testing and Material* (ASTM).

A. Berat Jenis Pasir (ASTM C 128-93)

Langkah kerja:

1. Menimbang labu takar 1000 cc
2. Menimbang pasir kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) 500 gr
3. Masukkan pasir ke dalam labu takar, kemudian timbang ulang untuk kontrol
4. Isi labu takar dengan air sampai garis batas, lalu putar-putar dengan posisi miring agar gelembung udara keluar
5. Tambahkan air hingga batas kapasitas dan timbang (B)
6. Keluarkan pasir dan air dari labu takar, kemudian isi labu takar dengan air hingga batas kapasitas dan ditimbang (C)

Berat jenis pasir dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.1)

$$\text{Berat Jenis Pasir SSD} = \frac{500}{500+B-C} \dots\dots\dots(3.1)$$

B. Analisis Gradasi (ASTM C 136-06)

Langkah kerja:

1. Siapkan saringan dengan ukuran 37,5 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm dan ditambah dengan pan.
2. Siapkan agregat yang akan diuji sejumlah 8 kg.
3. Susun saringan dan pan dengan urutan nomor saringan terbesar hingga terkecil.
4. Masukkan agregat halus kering oven yang akan diuji
5. Menggetarkan ayakan dengan mesin penggetar dengan waktu ± 10 menit
6. Timbang dan catat berat kerikil pada tiap nomor saringan, ketelitian dalam menimbang yang diijinkan dengan kesalahan $\pm 0,5-1\%$

Analisis gradasi pasir dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.2)

$$FKr = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif yang tertinggal tiap ayakan}}{100} \dots\dots\dots(3.2)$$

C. Berat Volume Lepas Pasir (ASTM-C29-2009)

Langkah Kerja:

1. Timbang takaran 3 liter (A)
2. Masukkan pasir kondisi asli ke dalam takaran 3 liter sampai penuh lalu ratakan (B)
3. Timbang takaran beserta pasir dan catat hasil timbangannya. (B)
4. Berat Pasir (C)

Berat volume lepas pasir dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.3)

$$\text{Persentase kelembaban kerikil} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

D. Resapan Pasir (ASTM C 128-15)

Langkah Kerja:

1. Timbang loyang yang akan di gunakan
2. Timbang pasir kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) sebanyak 500 gr dan masukkan ke dalam oven dengan temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$ selama 24 jam
3. Keluarkan pasir yang telah di oven dan tunggu hingga suhu tidak berubah
4. Timbang pasir yang sudah di oven (A)

Resapan pasir dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.4)

$$\text{Resapan Pasir} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

E. Kadar Lumpur Pasir (ASTM-C 117-76)

Langkah kerja:

1. Botol bening diisi pasir hingga mencapai tinggi 6 cm dari dasar botol.
2. Menambahkan air pada botol hingga 2 kali lipat tinggi pasir.
3. Menutup rapat botol berisi pasir dan larutan tersebut, lalu dikocok.
4. Mendinginkan botol tersebut selama 24 jam.
5. Setelah 24 jam, mengukur tinggi endapan lumpur (A) dan tinggi pasir (B).
6. Mengamati dan mencatat hasil praktikum.

Kadar lumpur pasir dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.5)

$$\text{Kadar Lumpur Pasir} = \frac{A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

3.2.1.2 Agregat Kasar

A. Berat Jenis Kerikil (ASTM C 127/SNI-1969-2008)

Langkah kerja:

1. Rendam kerikil dalam air selama 24 jam.
2. Angkat kerikil dan lap satu per satu hingga kondisi kerikil kering permukaan (SSD).
3. Timbang kerikil sebanyak 3000 gram atau 3 kg (A)
4. Timbang kerikil dalam air (B)

Berat jenis kerikil dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.6)

$$\text{Berat Jenis Kerikil} = \frac{A-B}{A} \dots\dots\dots (3.6)$$

B. Analisis Gradasi (ASTM C 136-06)

Langkah kerja:

1. Timbang kerikil sebanyak 16 Kg
2. Masukkan ke dalam susunan saringan ukuran berikut: 3/2", 3/4", 3/8", 4,8, 2,36
3. Goyang-goyangkan saringan
4. Timbang serta catat kerikil yang tertinggal di masing-masing saringan

Analisis gradasi kerikil dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.7)

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\% \text{Tertinggal Kumulatif}}{100} \dots\dots\dots (3.7)$$

C. Kadar Air Kerikil (ASTM C 566-19)

Langkah kerja:

1. Timbang Loyang kerikil
2. Rendam kerikil pada satu ember

3. Angkat dan keringkan kerikil dengan lap sehingga kondisi kering permukaan (SSD)
4. Timbang kerikil dengan kondisi kering sebanyak 3000 gram
5. Masukkan kerikil yang ditimbang ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110°C
6. Ambil dan timbang kerikil dengan kondisi kering (A)

Kadar air kerikil dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.8)

$$\text{Kadar Air Kerikil} = \frac{3000-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (3.8)$$

D. Kadar Lumpur Kerikil (ASTM C 117-76)

Langkah kerja:

1. Timbang Loyang kerikil
2. Mengambil kerikil sebanyak 1000 gram, lalu letakkan di Loyang
3. Cuci kerikil dengan bersih
4. Masukkan kerikil ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110°±5°C
5. Ambil dan timbang kerikil dengan kondisi kering (A)

Kadar lumpur kerikil dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.9)

$$\text{Kadar Lumpur Kerikil} = \frac{1000-A}{1000} \times 100 \dots \dots \dots (3.9)$$

E. Abrasi Kerikil (ASTM C131-2003/SNI 2417-2008)

Langkah kerja:

1. Timbang kerikil sebanyak 5000 gram (A)
2. Masukkan bola baja (11 buah untuk gradasi) dan kerikil ke dalam mesin
3. Tutup mesin dan baut sekrup dikencangkan
4. Nyalakan putaran mesin sebanyak 500 kali
5. Buka tutup mesin, keluarkan kerikil dan bola baja
6. Saring kerikil dengan ayakan no. 12
7. Cuci kerikil hingga bersih yang tertinggal di atas saringan
8. Masukkan kedalam oven selama ±24 jam, setelah dioven dinginkan kerikil agar suhunya sama dengan suhu ruangan, lalu ditimbang (B).

Abrasi kerikil dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.10)

$$\text{Nilai Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

3.2.1.3 Portland Cement

A. Berat Jenis Semen

Langkah kerja:

1. Siapkan alat dan bahan
 2. Timbang labu takar
 3. Timbang semen sebanyak 250 gram (A)
 4. Masukkan semen ke dalam labu takar
 5. Masukkan minyak yang sudah terisi semen sampai batas garis labu takar, lalu timbang (B)
 6. Pegang labu takar dengan posisi miring, kemudian putar-putar hingga gelembung udara keluar. Jika minyak tanah berkurang, tambahkan hingga mencapai garis batas leher labu takar
 7. Keluarkan semen dan minyak tanah dari labu takar hingga bersih.
 8. Isi labu takar dengan minyak tanah hingga garis batas leher labu takar, lalu timbang (C)
- Berat jenis semen dapat dihitung menurut rumus Persamaan (3.11)

$$BJ \text{ Semen} = \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8 \dots \dots \dots (3.11)$$

3.2.2 Perencanaan *Mix Design*

Perhitungan *mix design* mengacu pada SNI 03-2834-2002, berikut merupakan tata cara perhitungan *mix design*:

1. Kuat tekan yang ditetapkan 45 MPa pada umur 28 hari.
2. Menetapkan deviasi standar 7 MPa.
3. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}) $f'_{cr} = f'_c + \text{margin} = 45 + 11,48 = 56,48 \text{ MPa}$
4. Jenis semen ditetapkan semen *portland* tipe 1 (OPC/PCC)
5. jenis agregat diketahui:
 - agregat halus alami (pasir kali)
 - agregat kasar berupa batu pecah (kerikil)
6. Pemilihan faktor air semen

Berdasarkan **Tabel 2.3** diketahui untuk agregat kasar batu pecah (kerikil) dan semen PCC, kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan dengan faktor air semen 0,50 adalah 37 Mpa. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar untuk membuat kurva pada Grafik 1, yang menjadi acuan dalam menentukan faktor air-semen beton yang direncanakan sebagai berikut:

1. Dari titik kekuatan tekan 37 Mpa tarik garis datar hingga memotong garis tengah yang menunjukkan faktor air semen 0,50.
2. Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva disebelah atas dan di sebelah bawahnya (garis puus-putus). Kemudian dari titik kekuatan

tekan beton yang dirancang (dalam hal ini 56,48 Mpa) tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi.

3. Dari titik potong ini tarik garis tegak ke bawah hingga memotong sumbu X (absiska) dan baca faktor air semen yang diperoleh. (dalam hal ini didapatkan 0,324).

7. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,6 (tabel 4)

Faktor air semen yang diperoleh dari Grafik 1 tidak sama dengan yang ditetapkan, sehingga dipakai harga faktor air semen yang lebih kecil yaitu 0,324.

8. *Slump* ditetapkan setinggi 50 mm

9. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm

10. Kadar air bebas

Periksa **Tabel 2.5** Untuk menentukan kadar air bebas pada campuran agregat gabungan, baik berupa agregat alami maupun batu pecah, digunakan acuan antara 180–210 kg/m³. Nilai ini berlaku jika slump berada pada kisaran 30–60 mm dan ukuran maksimum agregat adalah 20 mm. Perhitungannya menggunakan rumus:

$$\frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$

Dengan:

Wh : perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk : perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Perhitungan ini dipakai agregat berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah (kerkil), maka jumlah kadar air yang diperlukan:

$$\frac{2}{3} \times 180 + \frac{1}{3} 210 = 190 \text{ Kg/m}^3$$

(Kadar air bebas pada campuran ditambah sebanyak 700 gram saat pengecoran dilapangan, dikarenakan dengan kadar 190 Kg/m³ nilai *slump* masih belum memenuhi, maka total kadar air bebas yang dipakai mejadi **218,48 Kg/m³**).

11. Menghitung kadar semen

Kadar semen yang dipakai pada campuran ini ditetapkan sebanyak **594 Kg/m³** berdasarkan kadar semen maksimum yang direkomendasikan untuk beton mutu tinggi pada SNI-03-6468-2000).

12. Kadar semen maksimum: tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan.

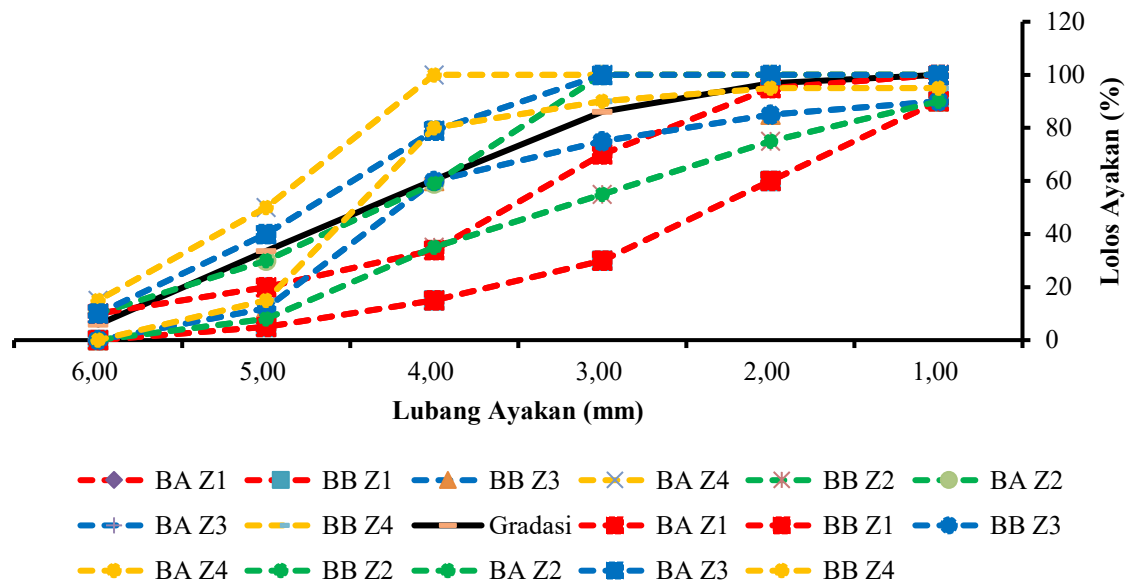
13. Kadar semen minimum: ditetapkan 325 kg/m³

Jika hasil perhitungan pada langkah 12 menghasilkan kadar semen di bawah batas minimum yang disyaratkan, maka kadar minimum tersebut harus digunakan, dan faktor air-semen perlu disesuaikan kembali.

14. Faktor air semen yang disesuaikan: hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.

15. Susunan butir agregat butir halus: ditetapkan masuk Daerah Susunan Butir No. 2.

Gradasi agregat yang direkomendasikan pada penelitian ini dilampirkan pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Gradasi Agregat Halus Beton Mutu Tinggi

Keterangan:

BA Z1 : Batas atas pasir zona 1

BB Z1 : Batas bawah pasir zona 1

BA Z2 : Batas atas pasir zona 2

BB Z2 : Batas bawah pasir zona 2

BA Z3 : Batas atas pasir zona 3

BB Z3 : Batas bawah pasir zona 3

BA Z4 : Batas atas pasir zona 4

BB Z4 : Batas bawah pasir zona 4

Gradasi : Gradasi pasir hasil uji

16. Persen bahan yang lebih halus dari 4,75 mm: hal ini dicari dalam Grafik 14 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 20 mm pada nilai *slump* 30-60 mm dan nilai faktor air semen 0,324. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir no. 2 diperoleh harga antara 43,25%.

17. Berat jenis agregat gabungan = $(0,40 \times 2,72) + (0,60 \times 2,73) = 2,73$

18. Berat jenis beton: diperoleh dari penetapan berdasarkan percobaan campuran dengan perbandingan agregat kasar dan halus 60:40% maka diperoleh berat jenis beton sebesar 2575 Kg/m³. Hasil tersebut dilakukan dengan pendekatan terhadap beberapa penelitian beton mutu tinggi yang telah mencapai hasil kuat tekan rencana memiliki berat jenis beton rencana berkisar 2500 Kg/m³.

19. Proporsi campuran per m³ didapatkan sebagai berikut:

Air	=	218,481	Kg/m ³
Semen	=	594	Kg/m ³
Agregat Halus	=	700	Kg/m ³
Agregat Kasar	=	1088,73	Kg/m ³
Jumlah	=	2575	Kg/m ³

20. Koreksi proporsi campuran

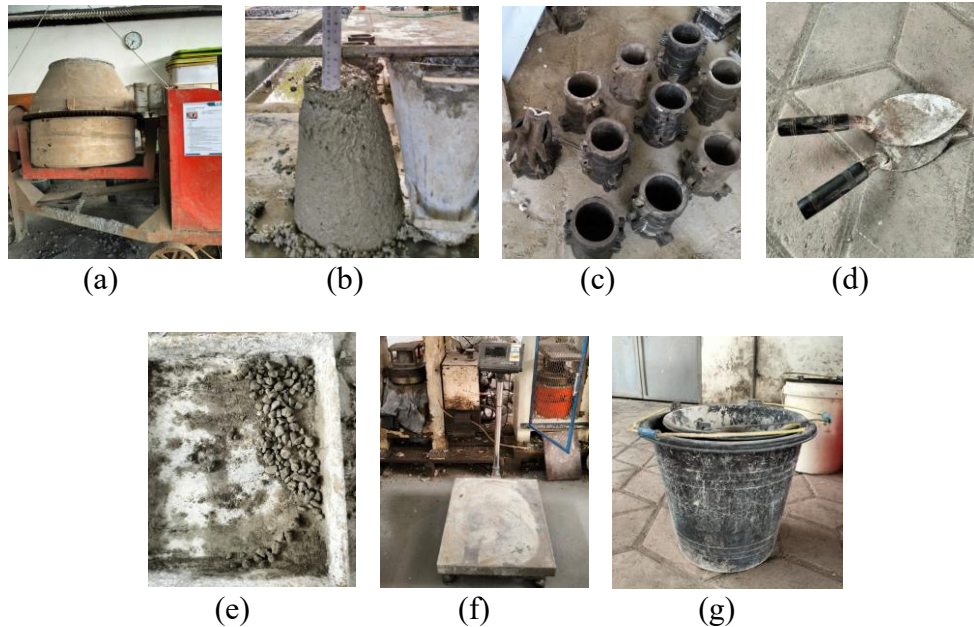
Kadar air agregat halus	=	0,026	%
Penyerapan agregat halus	=	0,28	%
Kadar air agregat kasar	=	2,69	%
Penyerapan agregat kasar	=	3,29	%

21. Proporsi Campuran Setelah Koreksi per m³

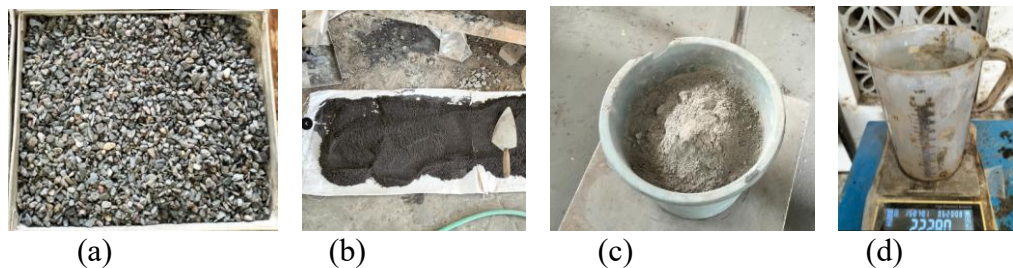
Air	=	226,60	Kg/m ³
Semen	=	594	Kg/m ³
Agregat Halus	=	698,22	Kg/m ³
Agregat Kasar	=	1082,19	Kg/m ³
Jumlah	=	2575	Kg/m ³

3.2.3 Pembuatan Beton Mutu Tinggi

Pembuatan benda uji beton dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG) Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Kampus ITS Manyar. Pembuatan benda uji untuk penelitian ini menggunakan silinder ukuran 10 cm x 20 cm. beton akan diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Berikut merupakan prosedur pelaksanaannya serta persiapan alat, persiapan bahan, dan proses pengecoran terlampir pada **Gambar 3.4**, **Gambar 3.5**, dan **Gambar 3.10**.



Gambar 3. 4 (a) *Mixer* beton, (b) Alat uji *slump*, (c) *Mold*, (d) Cetok, (e) Cawan, (f) Timbangan, (g) Ember



Gambar 3. 5 (a) Kerikil, (b) Pasir SSD, (c) Semen PCC, (d) Air

Langkah Kerja:

1. Siapkan material dengan kondisi agregat sudah dicuci, apabila agregat tidak dicuci maka kadar lumpur/organik agregat harus di bawah 2%.
2. Mengkondisikan agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan kering permukaan atau SSD. Kondisi SSD agregat dapat dikondisikan dengan menyimpan agregat dalam karung agar agregat tidak terlalu kering seperti pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3. 6 Pengondisian SSD Agregat Kasar

Selain itu, apabila agregat kasar yang digunakan dalam kondisi bersih tetapi tidak SSD maka cukup dengan membasahi alat *mixer* beton dengan air terlebih dahulu lalu dibuang, kemudian

masukkan kerikil kondisi kering dan putar molen berapa detik untuk menjaga kelembaban kerikil dengan sisa air yang menempel pada *mixer* beton. Kondisi SSD Agregat halus dapat dicek sebelum pengecoran dengan metode pada ASTM C128-15 pasal 8.3 yaitu menggunakan set alat *cone* besi dan *tamper* seperti berikut:

- a. Letakkan *cone* di tempat kering dan rata.
- b. Bagi pengisian pasir menjadi 3 lapis, masing-masing lapisan 1/3 dari volume corong *conus*.
- c. Masukkan lapis pasir 1/3 pertama kemudian rojok dengan *tamper* 25 mm sebanyak 8 kali padalapisan pertama, 8 kali pada lapisan ke 2, dan 9 kali pada lapisan ke 3, total rojok adalah 25 kali. Cara merojoknya yaitu dengan menjatuhkan bebas *tamper* tersebut secara merata ke permukaan pasir.
- d. Tunggu sekitar 30 detik, kemudia angkat perlahan *cone*. Apabila saat *cone* diangkat agregat halus mengalami kemrosotan dengan masih mempertahankan sebagian bentuk dari *cone* tersebut maka agregat telah mencapai kondisi kering permukaan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3. 7 Pengondisian SSD Agregat Halus

3. Menimbang semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, sesuai dengan komposisi perhitungan mix design
4. Olesi bekisting/*mold* beton dan alat *slump* dengan oli menggunakan kuas
5. Pastikan alat *mixer* beton dalam keadaan bersih dan lembab (basahi *mixer* beton terlebih dahulu dengan air agar tidak kering untuk menjaga kelembaban di dalam *mixer* beton). Pengondisian *mixer* beton ditunjukkan pada **Gambar 3.8**.



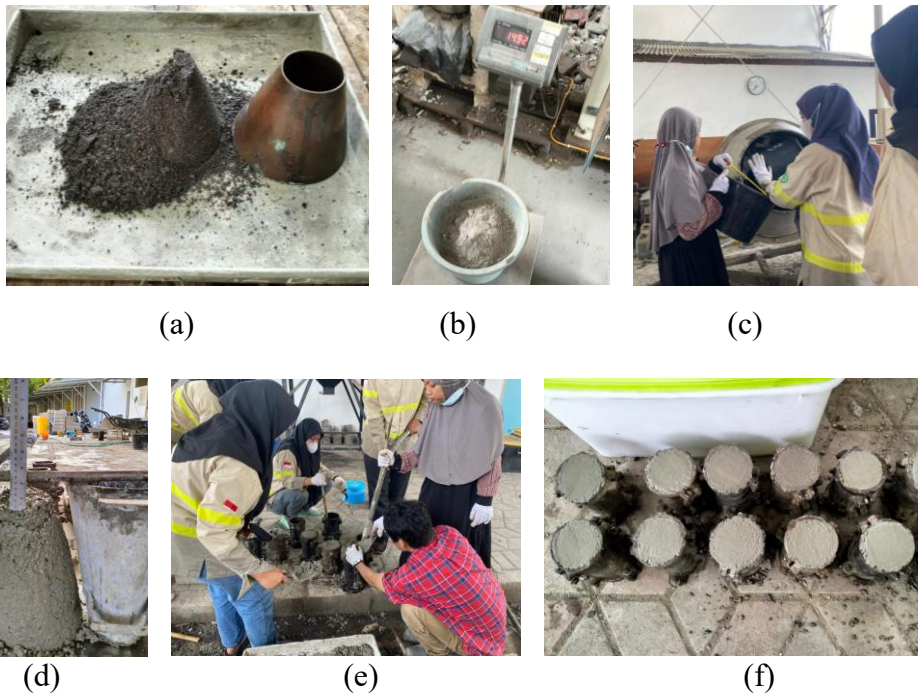
Gambar 3. 8 Pengondisian Alat *Mixer* Beton

6. Nyalakan alat *mixer* beton dengan kecepatan ± 33 rpm. Alat *mixer* beton yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 50 kg yang terlampir pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 9 Alat *Mixer* Beton

7. Masukkan kerikil ke dalam *mixer* beton kemudian masukkan pasir. Tunggu hingga semua agregat tercampur rata selama ± 2 menit
8. Masukkan semen ke dalam *mixer* beton. Tunggu hingga semen dan agregat tercampur rata selama ± 4 menit
9. Masukkan air ke dalam *mixer* beton secara perlahan. Tunggu hingga (± 3 menit) visual campuran terlihat homogen dan siap dilakukan pengecoran
10. Masukkan adonan segar ke dalam alat *slump* dengan diisi 1/3 bagian lalu di rojok sebanyak 25 kali, dilakukan seterusnya sampai *slump* penuh.
11. Tarik berkisting *slump*, lalu ukur tinggi *slump* dengan meteran
12. Masukkan adonan ke dalam bekisting yang sudah dilumuri oli dengan diisi 1/3 bagian lalu di rojok sebanyak 25 kali hingga beton terlihat padat atau gunakan alat penggetar (*vibrator*) untuk memadatkan beton
13. Isi kembali sisa bagian bekisting dengan beton segar dan ulangi langkah 11 sampai bekisting penuh hingga selesai 12 sampel
14. Rapihan permukaan atas beton
15. Lepas bekisting setelah beton sudah megeras atau pada umur 1 hari
16. Rendam beton yang sudah mengeras kedalam air (*curing*)



Gambar 3. 10 Proses Pengecoran: (a) Mengkondisikan material SSD, (b) Menimbang material, (c) Pengecoran, (d) Uji *slump*, (e) Pemadatan di *mold*, (f) Hasil pengecoran beton

3.2.4 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan beton bertujuan untuk mencegah atau mengurangi penguapan air yang masih dibutuhkan dalam proses hidrasi (Iskandar, 2020). Jika terjadi kehilangan air, proses hidrasi dapat terganggu dan berdampak pada penurunan mutu beton, karena salah satu parameter kualitas beton adalah kuat tekan (Li et al., 2020). Pada penelitian kali ini dilakukan curing rendaman selama 56 hari atau sesuai dengan umur rencana yang terlampir pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3. 11 Proses *Curing* Beton dalam Air

3.2.5 Pengujian Beton

3.2.5.1 Uji *Slump* (SNI 1972-2008)

Uji *slump* dilakukan setelah beton segar selesai pada proses *mixing* menggunakan molen. Uji *slump* bertujuan untuk mengontrol homogenitas dan *workability* hasil beton segar menggunakan suatu kekentalan tertentu yang disebut dengan nilai *slump*. Berikut merupakan

prosedur pelaksanaan uji *slump* yang diawali dengan persiapan alat dan bahan uji *slump* seperti pada **Gambar 3.12** dan **Gambar 3.13**.



Gambar 3. 12 Alat Uji *Slump*



Gambar 3. 13 Bahan Uji *Slump*

1. Persiapan alat
2. Melumuri cetakan dan alas dengan oli secara merata.
3. Letakkan cetakan di atas alas uji.
4. Masukkan beton segar kedalam 1/3 cetakan kerucut lalu dirojok sebanyak 25 kali rojokan menggunakan alat rojok, lakukan berulang hingga cetakan kerucut penuh
5. Setelah pemadatan selesai, ratakan permukaan benda uji menggunakan sekop, lalu bersihkan seluruh sisa material yang terdapat di sekitar cetakan.
6. Mengangkat cetakan ke arah vertikal dengan hati-hati. Diamkan beton segar tidak lebih dari 150 detik, kemudian ukur penurunannya.

3.2.5.2 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton mutu tinggi akan dilakakukan pada umur beton mencapai 7, 14, 28, dan 56 hari. Benda uji berupa silinder dan berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Setiap komposisi digunakan 3 benda uji. Hal ini dilakukan untuk keakuratan data untuk tes tekan masing masing komposisi. Uji kuat tekan ini mengacu pada SNI 1974- 2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Prosedur pengujian kuat tekan beton terlampir pada **Gambar 3.14**, **Gambar 3.15**, dan **Gambar 3.16**.



(a)



(b)

Gambar 3. 14 Persiapan Alat Uji Tekan (a) *Compression Testing Machine* (CTM), (b) Timbangan



(a)



(b)

Gambar 3. 15 Persiapan Bahan Uji Tekan (a) Beton silinder, (b) Belerang

1. Masukkan belerang kedalam panci dan panaskan menggunakan kompor hingga mencair
2. Timbang benda uji beton mutu tinggi
3. Setelah belerang mencair, capping bagian atas beton agar permukaan beton rata sehingga gaya tekan pada beton merata
4. Letakkan Beton pada alat *compression testing machine* (CTM) secara vertikal
5. Benda uji beton ditekan secara perlahan dengan kecepatan konstan oleh alat *compressing machine test*
6. Catat besaran tekanan dan olah datanya

Besaran angka yang ditunjukkan pada alat *compression testing machine* (CTM) merupakan beban (p) yang mampu dipikul beton dalam satuan kN, sehingga jika ingin mendapatkan nilai kuat tekan (f_c') berikut adalah rumusnya:

$$f_c' = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3.12)$$

Dimana:

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

F = beban beton yang membebani beton

A = luas penampang melintang beton



Gambar 3. 16 Pengujian Kuat Tekan Beton

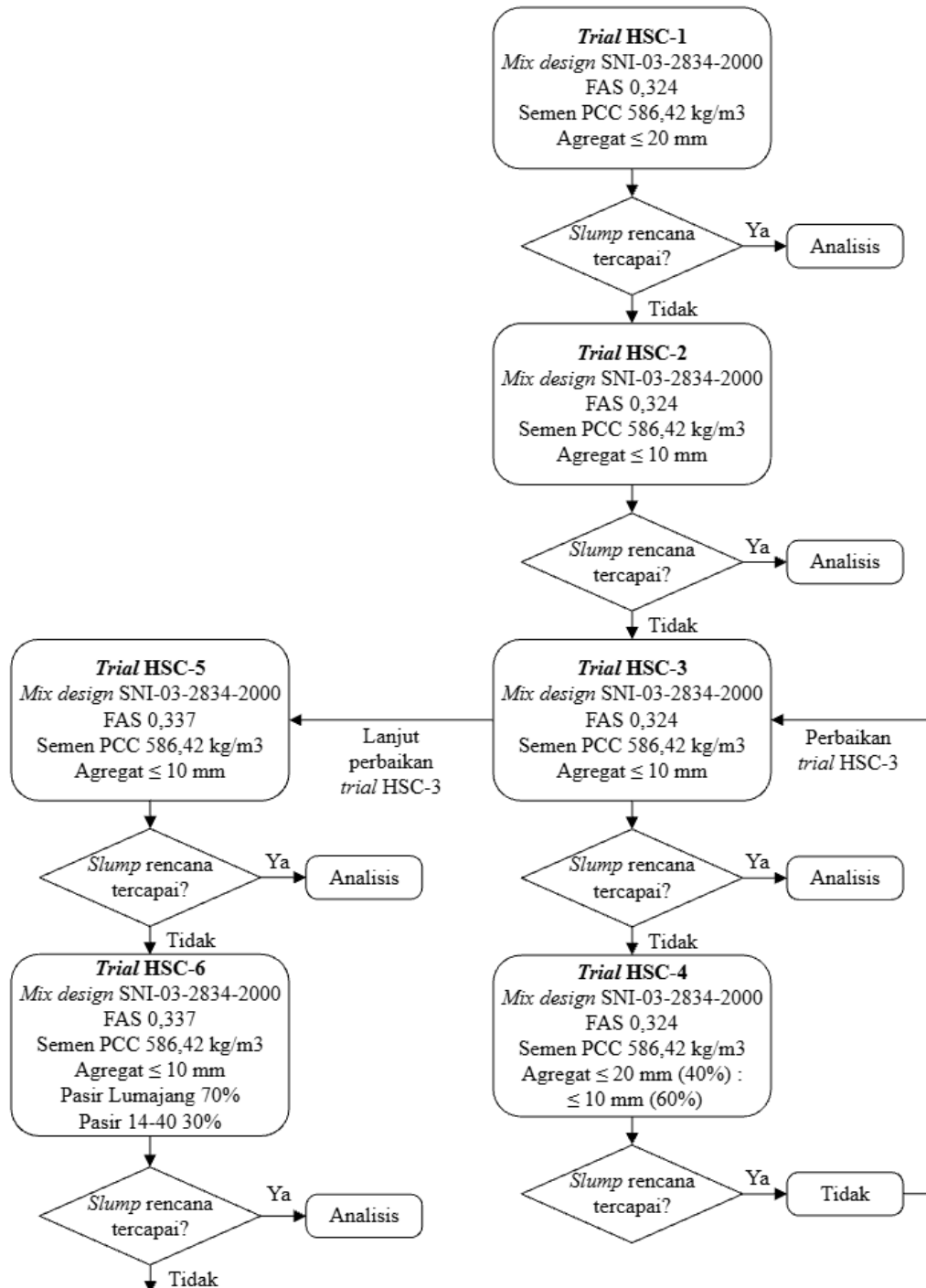
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

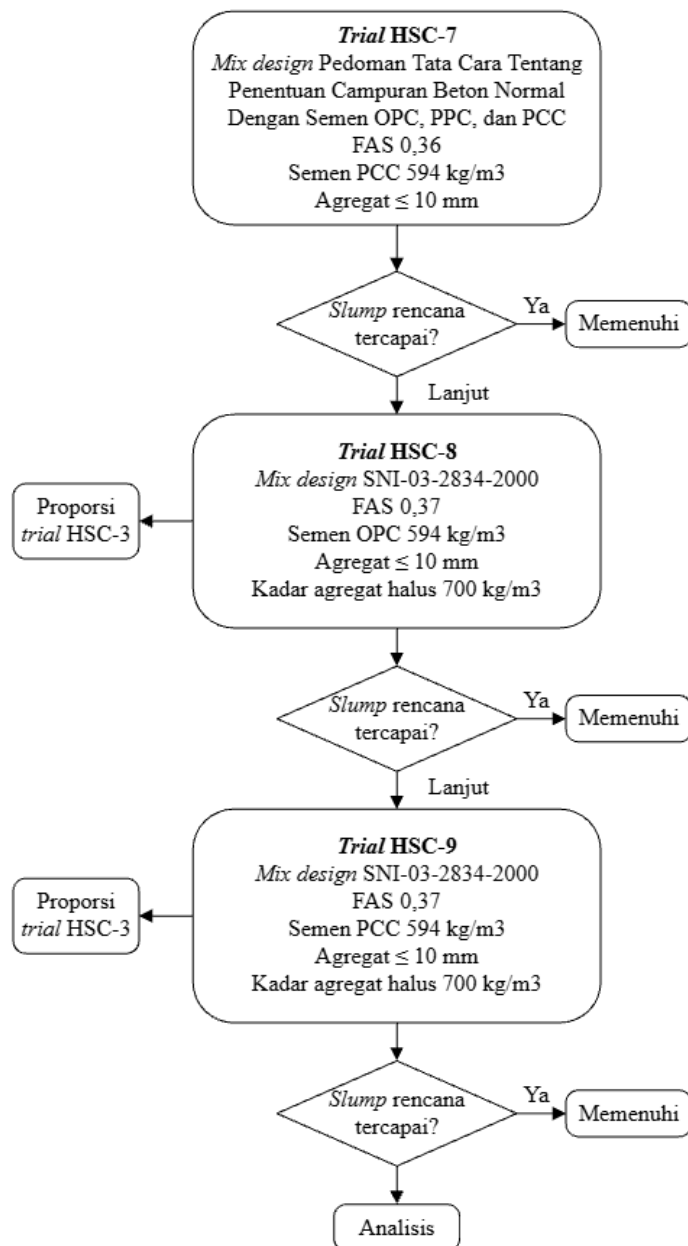
4.1 Hasil *Trial Mix Design* Beton Mutu Tinggi Tanpa *Superplasticizer*

4.2 *Trial Mix Design*

Hasil dari *trial and error mix design* yang telah dilakukan pada penelitian ini dilampirkan pada **Gambar 4.1**, **Gambar 4.2**, dan **Tabel 4.1**.



Gambar 4. 1 Diagram Alir *Trial HSC (High Strength Concrete)*



Gambar 4. 2 Diagram Alir *Trial HSC (High Strength Concrete)* (Lanjutan)

Tabel 4. 1 Mix Design Trial and Error

No	Kode Trial	Tipe Semen	FAS	Semen	Air	Pasir (FA)	Kerikil 0,5-1 cm (CA)	Kerikil 1-2 cm (CA)	Total Berat Agregat	CA/FA	Sumber/Acuan
			(w/c)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(%)	
1	HSC-1	PCC	0,324	586,42	190,00	536,95	-	1044,63	1581,58	66 / 34	SNI-03-2834-2000
2	HSC-2	PCC	0,324	586,42	190,00	683,60	896,98	-	1580,58	57 / 43	SNI-03-2834-2000
3	HSC-3	PCC	0,324	586,42	190,00	777,89	1020,69	-	1798,58	57 / 43	SNI-03-2834-2000
4	HSC-4	PCC	0,324	586,42	190,00	721,66	568,15	378,77	1668,58	34 / 43	SNI-03-2834-2000
5	HSC-5	PCC	0,37	586,42	216,83	777,89	1020,69	-	1798,58	57 / 43	SNI-03-2834-2000
6	HSC-6	PCC	0,37	586,42	216,83	777,89	1020,69	-	1798,58	57 / 43	SNI-03-2834-2000
7	HSC-7	OPC	0,36	594	213,36	518,07	1142,25	-	1660,32	69 / 31	Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC, dan PCC (SNI-7656-2012)
8	HSC-8	OPC	0,37	594,00	218,48	700,00	1088,73	-	1788,73	61 / 39	SNI-03-2834-2000
9	HSC-9	PCC	0,37	594,00	218,48	700,00	1088,73	-	1788,73	61 / 39	SNI-03-2834-2000

a. Trial 1 (HSC-1)

Trial ini menggunakan perhitungan *mix design* SNI-03-2834-2000 dengan penggunaan faktor air semen (fas) sebesar 0,324. Jenis semen yang digunakan adalah semen PCC. Agregat yang digunakan maksimal 20 mm. Kendala pengecoran dengan campuran ini yaitu belum tercapainya nilai *slump* yang direncanakan sebesar 50 mm dengan toleransi ± 2 . Kemungkinan terjadi agregat yang digunakan terlalu besar sehingga beton lebih sulit mengalami penurunan saat di *slump*. Karena belum tercapainya hasil maka dilakukan pengecoran ulang.

b. Trial 2 (HSC-2)

Trial 2 mengacu pada campuran trial 1 tetapi ukuran agregat digunakan maksimal 10 mm dengan proporsi agregat kasar lebih sedikit daripada agregat halus dengan perbandingan agregat kasar dengan agregat halus sebesar 57:43%. Tetapi nilai *slump* belum mencapai nilai rencana maka dilakukan perbaikan campuran.

c. Trial 3 (HSC-3)

Trial 3 tetap menggunakan perhitungan *mix design* SNI-03-2834-2000 dengan penggunaan semen PCC dan fas sebesar 0,324 dan ukuran agregat digunakan maksimal 10 mm dengan kadar agregat lebih banyak dari *trial* ke 2. Nilai kuat tekan umur 28 hari telah mencapai nilai minimal beton mutu tingi sebesar 41,4 MPa tetapi nilai *slump* belum mencapai nilai rencana maka dilakukan perbaikan campuran dengan menambah faktor air semen untuk mencapai *slump*.

d. Trial 4 (HSC-4)

Trial 4 tetap menggunakan perhitungan *mix design* SNI-03-2834-2000 dengan penggunaan semen PCC dan fas sebesar 0,324 tetapi ukuran agregat kasar digunakan maksimal 10 mm sebesar 60% dan agregat kasar maksimal 20 mm sebesar 40%. Tetapi nilai *slump* belum mencapai nilai rencana, maka pada penelitian ini tidak digunakan ukuran agregat kasar maksimal 20 mm, maka dilakukan pengecoran ulang.

e. *Trial 5 (HSC-5)*

Trial 5 mengacu pada proporsi campuran *trial 3* dengan menambah fas 0,37 dan ukuran agregat digunakan maksimal 10 mm. Nilai kuat tekan umur 28 hari telah mencapai nilai minimal beton mutu tinggi yaitu sebesar 41,4 MPa tetapi nilai *slump* masih mendapatkan hasil minimal rencana *slump*.

f. *Trial 6 (HSC-6)*

Trial 6 juga mengacu pada proporsi campuran *trial 3* dengan menambah fas 0,37 tetapi kadar pasir dipakai ukuran 14-40 sebesar 30% dan pasir lumajang 70%. Nilai kuat tekan umur 28 hari telah mencapai nilai minimal beton mutu tinggi tetapi nilai *slump* belum mendapatkan hasil minimal rencana *slump*. Kemungkinan perubahan komposisi agregat halus menjadi 30% pasir ukuran 14-40 dan 70% pasir Lumajang dapat mempengaruhi gradasi campuran beton. Gradasi yang tidak optimal dapat menyebabkan beton menjadi lebih kaku dan sulit dikerjakan, yang berpengaruh pada nilai *slump* yang dihasilkan.

g. *Trial 7 (HSC-7)*

Trial 7 mengacu pada perhitungan *mix design* “Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC, dan PCC” yang dimana standar ini mengacu pada SNI-7656-2012 tentang “Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa” dan fas yang digunakan sebesar 0,36. *Trial 7* ini menggunakan semen OPC dengan memakai kadar semen maksimum yaitu 594 Kg/m³ karena sebelumnya masih menggunakan semen PCC dan kadar semen yang digunakan masih di bawah standar maksimum. Agregat halus digunakan variasi gradasi pasir Lumajang 50% dan pasir 14-40 50%. Kadar agregat halus pada *mix design* ini lebih sedikit dan kadar agregat kasar lebih banyak dibandingkan *mix design* yang dipakai pada *trial* sebelumnya. Hasil nilai kuat tekan umur 28 hari pada campuran ini telah mencapai nilai minimal beton mutu tinggi dan nilai *slump* telah mencapai hasil minimal rencana yaitu 30 mm.

h. *Trial 8 (HSC-8)*

Trial 8 juga mengacu pada proporsi campuran *trial 3* dengan menambah fas yang awalnya 0,324 menjadi 0,37 tetapi digunakan semen OPC. Kadar agregat halus dipakai lebih sedikit dari

proporsi campuran sebelumnya karena pada campuran sebelumnya nilai *slump* belum memenuhi. Salah satu faktor kemungkinan yang terjadi di lapangan adalah penyerapan air pada total agregat halus terlalu banyak, semakin banyak agregat halus maka luas permukaan juga akan semakin banyak sehingga kadar air dalam campuran berkurang. Kadar agregat halus pada campuran awal sebesar $777,89 \text{ kg/m}^3$. Sehingga ditetapkan pengurangan jumlah agregat halus menjadi 700 kg/m^3 . Pengurangan kadar agregat halus dimaksudkan untuk mengurangi total luas permukaan nantinya berpengaruh pada penyerapan kadar air dalam campuran beton. Sisa dari total pengurangan kadar agregat halus tersebut ditambahkan pada kadar agregat kasar sehingga berat volume beton masih sama dengan campuran *trial* sebelumnya. Didapatkan hasil bahwa nilai *slump* pada *trial* 8 ini telah memenuhi *slump* rencana sebesar 50 mm. Hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat minimal beton mutu tinggi.

i. Trial 9 (HSC-9)

Trial 9 menggunakan campuran pada *trial* 8 tetapi digunakan semen PCC. Saat dilakukan pengecoran dengan metode yang sama nilai *slump* yang dapatkan berbeda dengan *trial* 8 tetapi telah memenuhi *slump* rencana minimal sebesar 30 mm.

4.3 Hasil Uji Slump

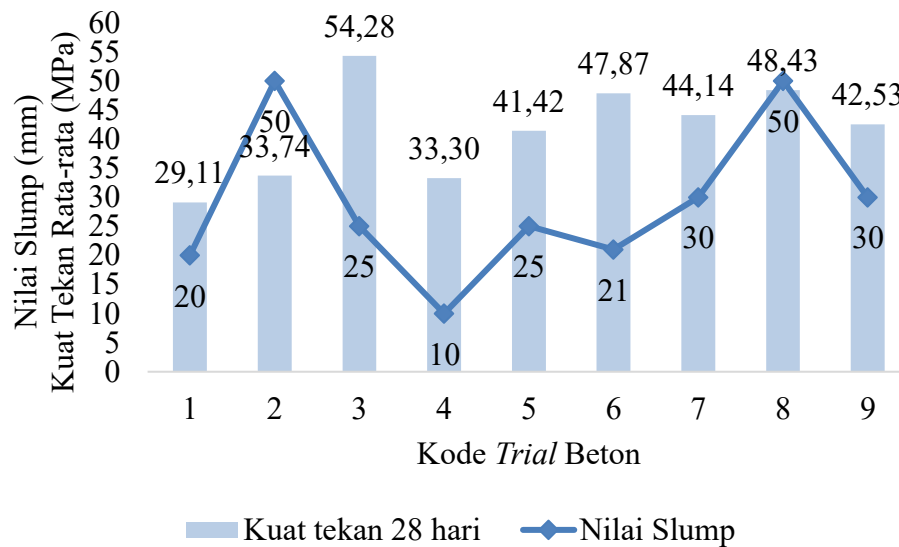
Pengujian *slump* digunakan merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau workabilitas beton. Pengujian ini dilakukan setelah beton segar dituang dari *mixer* molen. Hasil uji *slump* beton segar dilampirkan pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 2 Hasil Uji *Slump Trial Mix Design*

No	Kode Trial	Nilai <i>Slump</i> (mm)	<i>Slump</i> Rencana (50 mm ±2 cm)	Dokumentasi
1	HSC-1	22	Tidak Memenuhi	
2	HSC-2	50	Memenuhi	
3	HSC-3	25	Tidak Memenuhi	
4	HSC-4	10	Tidak Memenuhi	

Tabel 4. 3 Hasil Uji *Slump Trial Mix Design* (Lanjutan)

No	Kode Trial	Nilai <i>Slump</i> (mm)	<i>Slump</i> Rencana (50 mm $\pm$ 2 cm)	Dokumentasi
5	HSC-5	25	Tidak Memenuhi	
6	HSC-6	21	Tidak Memenuhi	
7	HSC-7	30	Memenuhi	
8	HSC-8	50	Memenuhi	
9	HSC-9	30	Memenuhi	



Gambar 4.3 *Slump* Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Gambar 4.3 merupakan grafik nilai *slump* terhadap kuat tekan beton umur 28 hari. Data *trial* HSC-1 memiliki nilai *slump* rendah yang menyebabkan beton keropos sehingga kuat tekan yang didapatkan tidak memenuhi. Data *trial* HSC-2 memiliki nilai *slump* sesuai rentang, namun kuat tekan masih belum tercapai. Data *trial* HSC-3 memiliki nilai *slump* sedikit di bawah target rencana tetapi kuat tekan yang didapatkan telah memenuhi. Data *trial* HSC-4 memiliki nilai *slump* sangat rendah dan kuat tekan tidak memenuhi. Data *trial* HSC-5 memiliki nilai *slump* sedikit di bawah target dan kuat tekan rata-rata di batas kuat tekan minimum yaitu 41,4 MPa. Data *trial* HSC-6 memiliki nilai *slump* lebih rendah tetapi kuat tekan memenuhi target. Data *trial* HSC-7 memiliki nilai *slump* yang baik serta memenuhi nilai minimal rencana *slump* dan kuat tekan telah memenuhi. Data *trial* HSC-8 memiliki nilai *slump* dan kuat tekan sesuai rencana. Data *trial* HSC-9 memiliki nilai *slump* yang telah memenuhi syarat minimal dan kuat tekan telah memenuhi.

Slump untuk beton mutu tinggi tanpa bahan tambahan jenis *superplasticizer* berdasarkan SNI 03-6468-2000 dapat dipakai sebesar 50-100 mm disesuaikan dengan kondisi pembetonan. Tetapi, menurut peraturan ACI Committee 211 dan Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC, dan PCC” yang dimana standar ini mengacu pada SNI-7656-2012 menyebutkan apabila pada suatu pekerjaan konstruksi nilai *slump* tidak ada ketentuan khusus, maka nilai *slump* dapat mengacu pada **Tabel 4.4** untuk setiap jenis konstruksi. Hasil uji *slump* pada penelitian ini *trial* HSC-7, HSC-8, dan HSC-9 menunjukkan workabilitas yang baik apabila mengacu pada **Tabel 4.4**, sehingga dapat diimplementasikan sebagai elemen struktur bangunan.

Tabel 4. 4 Rekomendasi *Slump* untuk Berbagai Jenis Konstruksi

Jenis Konstruksi	<i>Slump</i> (mm)			
	SNI-7656-2012		ACI Committee 2011	
	Maks	Min	Maks	Min
Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	125	50	75	25
Pondasi telapak tidak bertulang, konstruksi bawah tanah	90	25	75	25
Plat lantai, balok, kolom, dan dinding	150	75	100	25
Jalan beton bertulang	75	50	75	25
Perbetonan massal (<i>mass concrete</i>)	75	25	50	25

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Benda uji yang telah dibuat dan selesai dilepas dari *mold* atau bekisting akan dilakukan perawatan atau *curing* dengan cara rendaman air sesuai dengan umur rencana uji. Uji kuat tekan dilakukan setelah beton mencapai umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Benda uji kuat tekan beton berukuran 10 x 20 cm. Hasil pengujian kuat tekan direkap pada **Tabel 4.14** dan dicantumkan grafik kuat tekan pada **Gambar 4.4** hingga **Gambar 4.7**.

Tabel 4. 5 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-1

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm2)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-1 Maks. Agregat 20mm	7 Hari	A3	3,94	7853,98	175	22,3	6,9
		B3	3,84	7853,98	284	36,2	
		C3	3,74	7853,98	227	29	
	RATA-RATA				228,67	29,11	
	14 hari	A7	3,86	7853,98	298	38	2,7
		B7	3,82	7853,98	322	41,0	
		C7	3,86	7853,98	280	36	
	RATA-RATA				300,00	38,20	
	28 Hari	A14	3,82	7853,98	227	28,903	6,9
		C28	3,84	7853,98	284	36,160	
		B14	3,74	7853,98	175	22,282	
	RATA-RATA				228,67	29,115	
	56 Hari	B14	3,86	7853,98	414	52,712	11,1
		B28	4,00	7853,98	255	32,468	
		A28	3,90	7853,98	398	50,675	
	RATA-RATA				355,67	45,28	

Tabel 4.5 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-1 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari belum mencapai kuat tekan rencana minimal 41,4 MPa tetapi pada 56 hari mengalami peningkatan sebesar 45,28 MPa.

Tabel 4. 6 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-2

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm2)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-2 MIX 2Maks. Agregat 10mm	7 Hari	BMT 9	3,76	7853,98	204	26,0	2,601
		BMT 10	3,68	7853,98	210	26,7	
		BMT 11	3,72	7853,98	242	31	
	RATA-RATA				218,67	28	
	14 hari	BMT 12	3,70	7853,98	220	28	8,240
		BMT 8	3,84	7853,98	238	30,3	
		BMT 7	3,72	7853,98	118	15	
	RATA-RATA				192,00	24,45	
	28 Hari	BMT 4	3,72	7853,98	254	32,340	3,947
		BMT 5	3,74	7853,98	241	30,685	
		BMT 6	3,70	7853,98	300	38,197	
	RATA-RATA				265,00	33,741	
	56 Hari	BMT 1	3,80	7853,98	274	34,887	4,098
		BMT 2	3,80	7853,98	290	36,924	
		BMT 3	3,72	7853,98	336	42,781	
	RATA-RATA				300,00	38,197	

Tabel 4.6 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-2 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari belum mencapai kuat tekan rencana minimal 41,4 MPa dan hasil 56 hari lebih rendah dari *trial* HSC-1.

Tabel 4. 7 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-3

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm2)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-3 Maks. Agregat 10mm	7 Hari	S1	3,92	7853,98	276	35,1	6,6
		S2	3,80	7853,98	360	45,8	
		S3	3,84	7853,98	370	47	
	RATA-RATA				335,33	42,70	
	14 hari	S4	3,78	7853,98	394	50,2	1,476
		S5	3,88	7853,98	417	53,09	
		S6	3,86	7853,98	403	51,31	
	RATA-RATA				404,67	51,52	
	28 Hari	S7	3,94	7853,98	379	48,256	5,438
		S8	3,94	7853,98	377	48,001	
		S9	3,90	7853,98	370	47,110	
		S10	3,88	7853,98	438	55,768	
		S11	4,04	7853,98	462	58,824	
	RATA-RATA				405,200	54,282	4,357
	56 Hari	S12	3,92	7853,98	384	48,9	
		S13	3,86	7853,98	448	57,04	
		S14	3,92	7853,98	395	50,29	
	RATA-RATA				409,00	52,08	

Tabel 4.7 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-3 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah mencapai kuat tekan rencana minimal 41,4 MPa. Hasil *trial* HSC-3 lebih dari *trial* HSC-1 dan 2.

Tabel 4. 8 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-4

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm ²)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-4 Agregat 10mm (60%) dan 20 mm (40%)	7 Hari	S1	3,88	7853,98	255	32,5	1,9
		S2	4,04	7853,98	261	33,2	
		S3	3,88	7853,98	283	36	
	RATA-RATA				266,33	33,91	
	14 hari	S4	3,92	7853,98	376	47,9	8,2
		S5	4,02	7853,98	336	42,78	
		S6	3,88	7853,98	250	31,83	
	RATA-RATA				320,67	40,83	
	28 Hari	S7	3,86	7853,98	280	35,651	1,913
		S8	4,06	7853,98	266	33,868	
		S9	3,96	7853,98	245	31,194	
		S13	3,94	7853,98	255	32,468	
	RATA-RATA				261,50	33,295	
	56 Hari	S10	3,82	7853,98	262	33,4	10,6
		S11	3,82	7853,98	344	43,80	
		S12	3,90	7853,98	428	54,49	
	RATA-RATA				344,67	43,88	

Tabel 4.8 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-4 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari lebih rendah dari *trial* HSC-3 yang telah memenuhi syarat kuat tekan.

Tabel 4. 9 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-5

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMUKAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm ²)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-5 Agregat 10mm	7 Hari	V1.11	3,89	7853,98	318	40,5	4,3
		V1.12	3,84	7853,98	278	35,4	
		V1.13	3,79	7853,98	247	31,4	
		V1.14	3,91	7853,98	314	40,0	
	RATA-RATA				289,25	36,8	4,6
	14 hari	V1.8	3,90	7853,98	378	48,13	
		V1.9	3,96	7853,98	307	39,09	
		V1.10	3,96	7853,98	357	45,45	
	RATA-RATA				347,33	44,22	5,6
	28 Hari	V1.3	3.80	7853,98	373	47,492	
		V1.2	3.84	7853,98	287	36,542	
		V1.4	3.96	7853,98	316	40,234	
	RATA-RATA				325,333	41,423	8,851
	56 Hari	V1.1	3.88	7853,98	451	57,42	
		V1.5	3.74	7853,98	315	40,11	
		V1.6	3.76	7853,98	408	51,95	
	RATA-RATA				391,33	49,83	

Tabel 4.9 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-5 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan.

Tabel 4. 10 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-6

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMUKAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f _c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm ²)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-6 Agregat 10mm	7 Hari	V2.11	3,87	7853,98	215	27,4	3,7
		V2.12	3,86	7853,98	258	32,8	
		V2.13	3,91	7853,98	252	32	
		V2.14	3,87	7853,98	285	36	
	RATA-RATA				252,50	32,15	4,7
	14 hari	V2.8	3,80	7853,98	221	28,14	
		V2.9	3,80	7853,98	294	37,43	
		V2.10	3,86	7853,98	264	33,61	
	RATA-RATA				259,67	33,06	10,7
	28 Hari	V2.1	3.88	7853,98	465	59,206	
		V2.3	3.90	7853,98	344	43,799	
		V2.2	3.84	7853,98	420	53,476	
		V2.7	3.76	7853,98	275	35,014	
	RATA-RATA				376,000	47,9	4,484
	56 Hari	V2.4	3.80	7853,98	375	47,75	
		V2.5	3.92	7853,98	436	55,51	
		V2.6	3.82	7853,98	436	55,51	
	RATA-RATA				415,67	52,92	

Tabel 4.10 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-6 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan.

Tabel 4. 11 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-7

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm2)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-7 Agregat 10mm	7 Hari	MO2	3,87	7853,98	228	29,0	2,6
		MO4	3,86	7853,98	263	33,5	
		MO6	3,91	7853,98	228	29	
	RATA-RATA				239,67	30,52	
	14 hari	MO3	3.90	7853,98	325	41,38	5,4
		MO5	3.88	7853,98	353	44,95	
		MO10	4.0	7853,98	269	34,25	
	RATA-RATA				315,67	40,19	
	28 Hari	MO10	3,93	7853,98	376	47,874	4,1
		MO7	3,85	7853,98	362	46,091	
		MO8	3,86	7853,98	302	38,452	
	RATA-RATA				346,7	44,14	
	56 Hari	MO9	3,88	7853,98	376	47,87	8,1
		MO11	3.86	7853,98	300	38,20	
		MO12	3.88	7853,98	249	31,70	
	RATA-RATA				308,33	39,26	

Tabel 4.11 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-7 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan.

Tabel 4. 12 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-8

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMU KAAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm ²)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-8 Agregat 10mm	7 Hari	MO1	3.92	7853,98	316	40,2	3,7
		MO2	4.02	7853,98	329	41,9	
		MO5	3.94	7853,98	372	47,36	
	RATA-RATA				339,00	43,2	
	14 hari	MO4	4.00	7853,98	393	50,04	5,0
		MO6	3.84	7853,98	404	51,44	
		MO11	3.90	7853,98	331	42,14	
	RATA-RATA				376,00	47,9	
	28 Hari	MO3	3.92	7853,98	354	45,07	16,1
		MO7	3.92	7853,98	269	34,25	
		MO8	3.82	7853,98	518	65,95	
	RATA-RATA				380,3	48,43	
	56 Hari	MO9	3,98	7853,98	268	34,12	7,9
		MO10	3,94	7853,98	366	46,60	
		MO12	3,98	7853,98	250	31,83	
	RATA-RATA				294,67	37,52	

Tabel 4.12 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-8 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan. Tetapi pada umur 56 hari *trial* HSC-8 mengalami penurunan seperti pada *trial* HSC-7. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh proses pemadatan pada saat pengecoran yang kurang konsisten sehingga kepadatan setiap sampel tidak beraturan dan menyebabkan tingginya standar deviasi pada beton. Proses pemadatan yang kurang optimal berpengaruh pada kekerasan dan kekuatan tekan beton jangka panjang, sehingga beton tidak mengalami peningkatan kekuatan seperti yang seharusnya terjadi pada umur 56 hari (Kumavat dan Chandak (2021)).

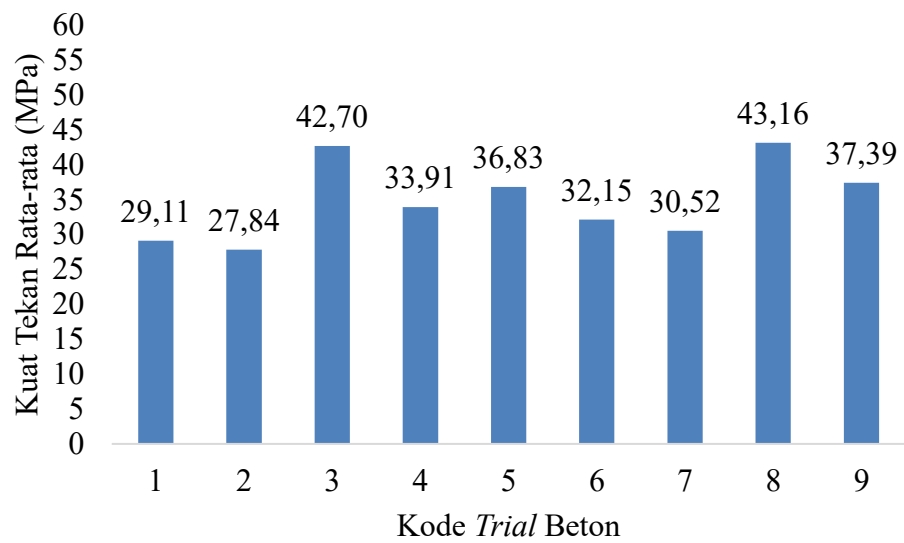
Tabel 4. 13 Hasil Kuat Tekan *Trial* HSC-9

KODE BETON	UMUR	KODE BETON UJI	MASSA BETON	LUAS PERMUKAAN	KUAT TEKAN (P)	KUAT TEKAN (f'c)	STANDAR DEVIASI
			(Kg)	(mm ²)	(KN)	(Mpa)	
Trial HSC-9 Agregat 10mm	7 Hari	S1	3.80	7853,982	276	35,1	2,1
		S2	3.90	7853,982	296	37,7	
		S3	3.84	7853,982	309	39	
	RATA-RATA				293,67	37,4	
	14 hari	S4	3,87	7853,982	367	46,73	7,6
		S5	3,88	7853,982	250	31,83	
		S10	3,80	7853,982	327	41,63	
	RATA-RATA				314,67	40,06	
	28 Hari	S6	3.94	7853,982	405	51,57	7,9
		S9	3.82	7853,982	289	36,80	
		S11	3.86	7853,982	308	39,22	
	RATA-RATA				334,00	42,53	
	56 Hari	S12	3,88	7853,982	326	41,51	8,4
		S8	3,74	7853,982	311	39,60	
		S13	3,84	7853,982	432	55,00	
	RATA-RATA				356,33	45,37	

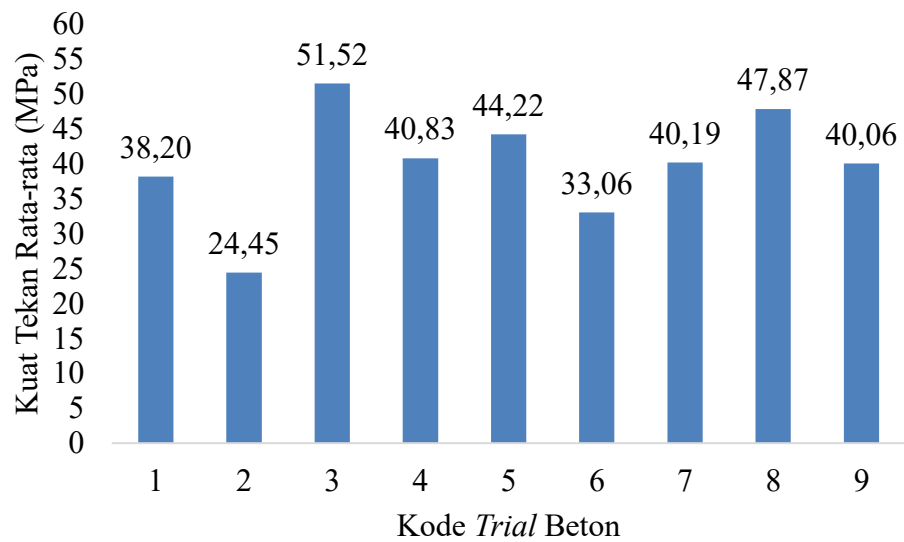
Tabel 4.13 menunjukkan hasil kuat tekan *trial* HSC-9 menunjukkan hasil kuat tekan 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan

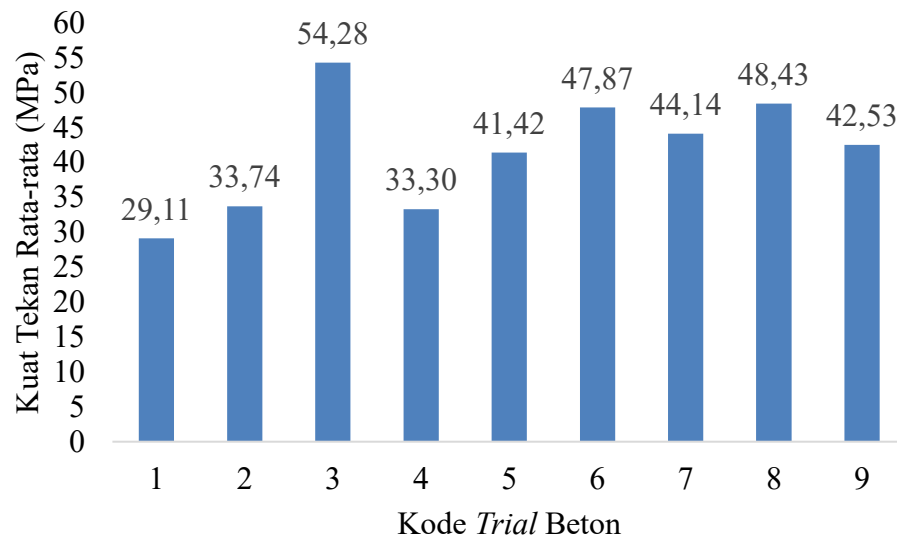
No	Kode <i>Trial</i>	Umur Uji (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi	Massa Beton	Luas Permukaan	Berat Jenis
			Rata-rata		Kg	mm2	Kg/m3
1	HSC-1	7	29,11	6,9	3,8	7853,98	2444,6
		14	38,20	2,7	3,8	7853,98	2448,9
		28	29,11	6,9	3,8	7853,98	2419,2
		56	45,28	11,1	3,9	7853,98	2495,5
2	HSC-2	7	27,84	2,6	3,7	7853,98	2368,2
		14	24,45	8,2	3,8	7853,98	2389,4
		28	33,74	3,9	3,7	7853,98	2368,2
		56	38,20	4,1	3,8	7853,98	2402,2
3	HSC-3	7	42,70	6,6	3,9	7853,98	2453,1
		14	51,52	1,5	3,8	7853,98	2444,6
		28	54,28	5,4	3,9	7853,98	2508,3
		56	52,08	4,4	3,9	7853,98	2482,8
4	HSC-4	7	33,91	1,9	3,9	7853,98	2504,0
		14	40,83	8,2	3,9	7853,98	2508,3
		28	33,30	1,9	4,0	7853,98	2517,8
		56	43,88	10,6	3,8	7853,98	2448,9
5	HSC-5	7	36,83	4,3	3,9	7853,98	2455,4
		14	44,22	4,6	3,9	7853,98	2508,3
		28	41,42	5,6	3,9	7853,98	2508,3
		56	49,83	8,9	3,8	7853,98	2419,2
6	HSC-6	7	32,15	3,7	3,9	7853,98	2468,1
		14	33,06	4,7	3,8	7853,98	2431,9
		28	47,87	10,7	3,9	7853,98	2451,0
		56	52,92	4,5	3,80	7853,98	2419,2
7	HSC-7	7	30,52	2,6	3,9	7853,98	2469,8
		14	40,19	5,4	3,9	7853,98	2501,9
		28	44,14	4,1	3,9	7853,98	2470,1
		56	39,26	8,1	3,9	7853,98	2470,1
8	HSC-8	7	43,16	3,7	4,0	7853,98	2521,0
		14	47,87	5,0	3,9	7853,98	2489,2
		28	48,43	16,1	3,9	7853,98	2473,9
		56	37,52	7,9	3,97	7853,98	2525,3
9	HSC-9	7	37,39	2,1	3,9	7853,98	2451,0
		14	40,06	7,6	3,9	7853,98	2451,0
		28	42,53	7,9	3,9	7853,98	2465,6
		56	45,37	8,4	3,82	7853,98	2431,9



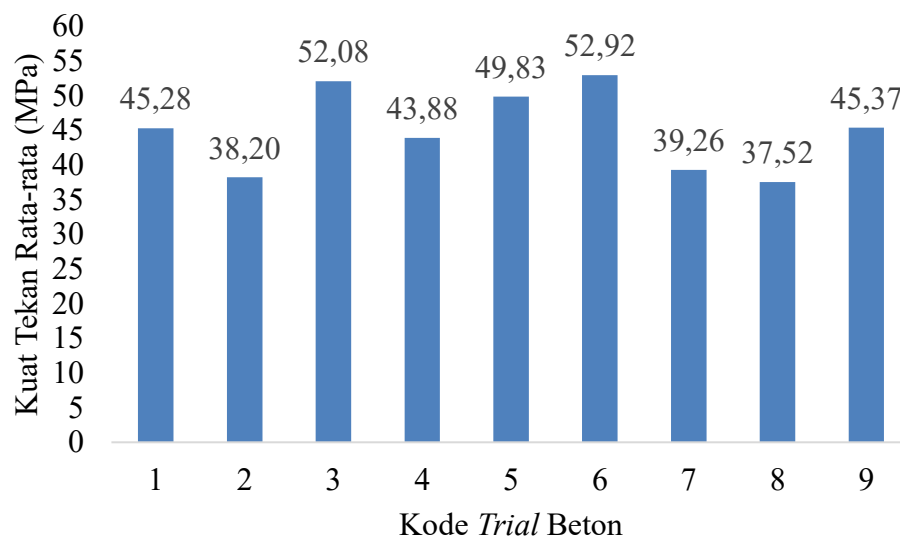
Gambar 4. 4 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 7 Hari



Gambar 4. 5 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 14 Hari



Gambar 4. 6 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 28 Hari



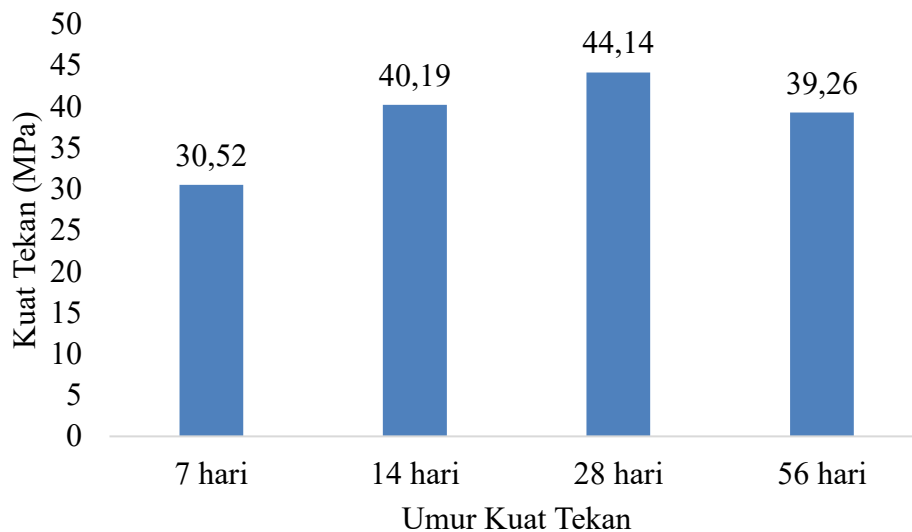
Gambar 4. 7 Kuat Tekan Rata-Rata Umur 56 Hari

Berdasarkan hasil *trial mix design*, maka *mix design* yang dipakai pada penelitian ini yaitu *mix design trial 7*, *trial 8*, dan *trial 9* karena *slump* yang digunakan telah mencapai nilai minimal *slump* rencana dan nilai kuat tekan beton umur 28 hari telah memenuhi syarat minimal beton mutu tinggi.

4.5 Analisis Hasil *Trial HSC-7*

Trial HSC-7 ini menggunakan komposisi sesuai dengan perhitungan *mix design* “Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC, PPC, dan PCC” yang dimana standar ini mengacu pada SNI-7656-2012 tentang “Tata Cara Pemilihan

Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa”. *Trial* sebelumnya menggunakan SNI-03-2834-2000, semen yang dipakai yaitu semen PCC. Tetapi pada *trial* ini digunakan semen OPC dengan rencana *slump* dapat memenuhi. *Slump* yang didapatkan sebesar 30 mm dengan hasil kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari sebesar 44,14 MPa yang ditunjukkan **Gambar 4.8**.



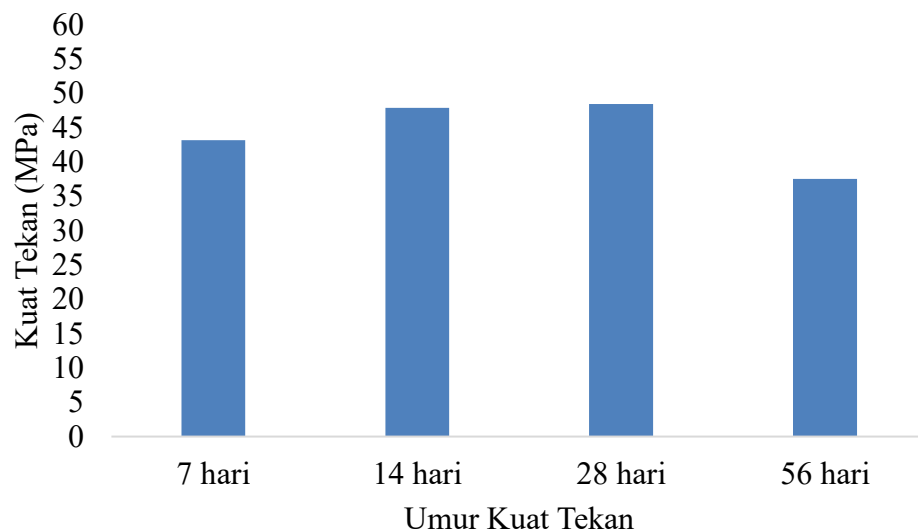
Gambar 4. 8 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton *Trial* HSC-7

Berdasarkan hasil kuat tekan yang didapatkan menggunakan standar ini, *slump* rencana kemungkinan bisa dicapai dengan penambahan faktor air semen dan kadar agregat halus. Agregat halus yang dipakai dengan variasi gradasi pasir Lumajang 50% dan pasir 14-40 50%. Kadar agregat halus yang didapat dari campuran ini sebesar 499,93 Kg/m³ jika dibandingkan kadar agregat kasar 1135,40 Kg/m³. Hal ini menjadi kemungkinan ketika diuji *slump* beton kurang mengalami penurunan karena kandungan pasta dibandingkan agregat kasar kurang optimal serta gradasi dari agregat halus lebih kasar dibandingkan hanya menggunakan 100% gradasi pasir Lumajang sehingga agregat sulit mengalami penurunan walaupun hasil gradasi campuran pasir Lumajang 50% dan pasir 14-40 50% masih termasuk zona 2 yang merupakan zona pasir lebih baik untuk mencapai kuat tekan beton. Konsep yang dipakai untuk mendapatkan nilai *slump* pada beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* ialah dengan memperhatikan kadar agregat halus dan agregat kasar seperti yang dipakai pada konsep beton *self compacting concrete*. Dimana untuk mencapai *slump flow* tinggi kadar agregat halus yang dipakai sekitar 48-55% dari total kadar agregat. Tetapi hal tersebut tetap harus diperhatikan karena pada penelitian ini tidak menggunakan *superplasticizer*, kadar agregat halus lebih

banyak juga akan menyerap kadar air lebih banyak sehingga kemungkinan penurunan *slump* rendah. Sehingga perlu dilakukan penambahan faktor air semen dan persentase agregat pada *trial* berikutnya.

4.6 Analisis Hasil *Trial* HSC-8

Trial HSC-8 ini menggunakan komposisi sesuai dengan perhitungan mix design SNI 03-2834-2000. *Trial* ini mengacu pada *trial* HSC-3 yang belum mendapatkan nilai *slump* rencana, sehingga pada *trial* ini dilakukan pengurangan kadar agregat halus yang diharapkan dapat berpengaruh terhadap *workability* atau nilai *slump* beton.



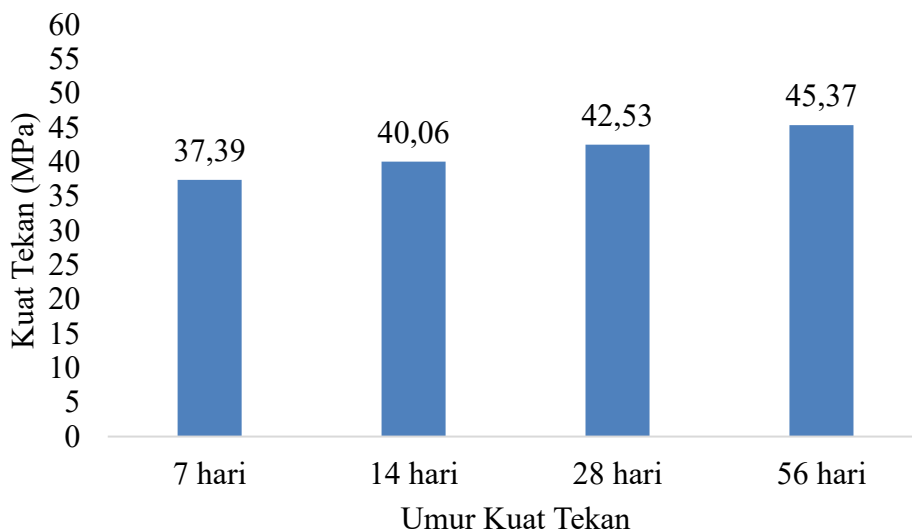
Gambar 4. 9 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton *Trial* HSC-8

Gambar 4.9 menunjukkan grafik kuat tekan *trial* HSC-8, dengan pengurangan kadar agregat halus dan menggunakan semen OPC untuk mendapatkan nilai *slump* beton. Kadar agregat halus pada campuran awal yaitu pada *Trial* HSC-3 sebesar $777,89 \text{ kg/m}^3$. Sehingga ditetapkan pengurangan jumlah agregat halus menjadi 700 kg/m^3 . Pengurangan kadar agregat halus dimaksudkan untuk mengurangi total luas permukaan yang nantinya berpengaruh pada penyerapan kadar air dalam campuran beton. Sisa dari total pengurangan kadar agregat halus tersebut ditambahkan pada kadar agregat kasar sehingga berat volume beton masih sama dengan campuran *trial* sebelumnya. Penetapan kadar agregat halus tersebut disesuaikan dengan kadar agregat halus pada beberapa penelitian, salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Meddah menggunakan semen OPC tanpa bahan tambahan didapatkan $41,5 \text{ MPa}$ umur 28 hari pada kode beton C4-0 dengan kadar agregat 675 Kg/m^3 dan agregat kasar 1240 Kg/m^3 (Meddah et al., 2010). Beberapa konsep yang diterapkan pada pengecoran *trial* ini didapatkan

hasil kuat tekan rata-rata sebesar 48,43 MPa umur 28 hari dan nilai *slump* 50 mm sesuai dengan *slump* rencana untuk beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer*.

4.7 Analisis Hasil *Trial* HSC-9

Trial HSC-9 ini mengacu pada *trial* HSC-8 tetapi menggunakan semen PCC karena sebelum dilakukan perubahan komposisi dan semen OPC pada *trial* HSC-8, komposisi awal *mix design* didapatkan dari *trial* HSC-3 yang menggunakan semen PCC. Maka pada *trial* ini digunakan semen PCC untuk memastikan bahwa beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dapat dibuat. Hasil kuat tekan yang didapatkan ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.



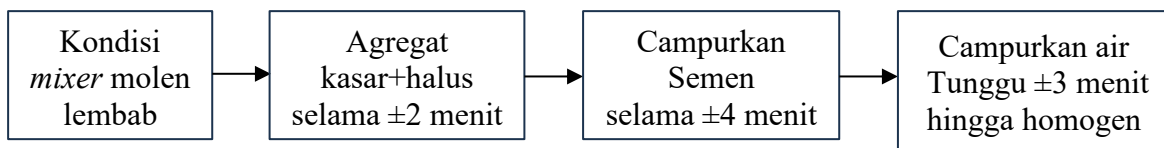
Gambar 4. 10 Kuat Tekan Terhadap Umur Beton *Trial* HSC-9

Berdasarkan grafik hasil uji tekan didapatkan kuat tekan rata-rata 42,53 MPa umur 28 hari. Tetapi nilai *slump* yang didapatkan masih mencapai minimal rencana yaitu 30 mm dibandingkan *trial* sebelumnya yang menggunakan semen OPC. Hal ini karena komposisi dari semen PCC yang berbeda dengan semen OPC. Berdasarkan SNI 7064:2022 tentang Semen *Portland* Komposit bahan anorganik lain yang ditambahkan dari maksimal 35% menjadi 40% diantaranya yaitu terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur (SNI 7064:2022). Bahan organik seperti *slag* dan silika walaupun memiliki permukaan lebih halus, namun lebih menyerap air yang dapat menurunkan kadar air beban pada campuran beton sehingga *slump* menjadi lebih rendah (Mousavinezhad et al., 2023).

4.8 Metode Pencampuran Material

Metode pencampuran material yang digunakan dalam penelitian ini dengan mempertahankan agregat dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) yaitu kondisi di mana

pori-pori dalam agregat jenuh air namun permukaan agregat tidak basah, guna mengontrol kadar air efektif dalam campuran beton (Neville, 2011), serta menurunkan kadar agregat halus secara bertahap dan memperhatikan gradasi agregat dalam campuran beton. Penyesuaian gradasi ini bertujuan untuk memperbaiki kemudahan pengerjaan serta meningkatkan kepadatan campuran, yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton (Mehta & Monteiro, 2014). Metode pencampuran material untuk beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dilakukan dengan mencampur agregat kasar dan agregat halus kondisi SSD ke dalam *mixer* molen yang kondisinya lembab selama ± 2 menit, kemudian ditambahkan bahan semen selama ± 4 menit. Ketika campuran bahan kering sudah homogen maka ditambahkan air ke dalam *mixer* molen selama ± 3 menit hingga campuran beton homogen. Metode pencampuran ini mengontrol kadar air melalui metode SSD agregat dan penyesuaian gradasi agregat untuk optimasi *workability* dan kuat tekan. **Gambar 4.11** merupakan alur metode pencampuran material yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. 11 Metode Pencampuran Material

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* memiliki kesimpulan:

1. Komposisi *mix design* yang optimum untuk membuat beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* didapatkan pada *trial* HSC-7, HSC-8, dan HSC-9 menunjukkan perfoma terbaik dari 9 kali percobaan campuran beton. *Trial* HSC-7 menggunakan komposisi “Pedoman Tata Cara Tentang Penentuan Campuran Beton Normal dengan Semen OPC, PPC, dan PCC” dengan fas 0,36 jenis semen OPC. Agregat halus pada campuran ini digunakan variasi gradasi pasir Lumajang 50% dan pasir 14-40 50%, maksimal agregat yang digunakan yaitu 10 mm. Pada *trial* HSC-8 menggunakan komposisi *mix design* SNI-03-2834-2000 campuran seperti *trial* HSC-3, tetapi dengan peningkatan faktor air-semen (fas) dari 0,324 menjadi 0,37 dan memakai semen OPC. Penggunaan agregat halus dikurangi dari 777,89 kg/m³ menjadi 700 kg/m³ untuk mengurangi penyerapan air berlebih akibat luas permukaan agregat yang besar. Sisa dari total pengurangan kadar agregat halus tersebut ditambahkan pada kadar agergat kasar sehingga berat volume beton masih sama dengan campuran *trial* sebelumnya. *Trial* HSC-9 menggunakan campuran pada *trial* 8 tetapi digunakan semen PCC membuktikan bahwa bahkan dengan semen PCC, beton mutu tinggi tetap dapat dicapai meski *workability* sedikit menurun karena sifat semen PCC yang lebih menyerap air. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan komposisi optimum diperoleh dengan mempertahankan agregat dalam kondisi SSD serta menurunkan kadar agregat halus secara bertahap dan memperhatikan gradasi agregat dalam campuran beton. Metode pencampuran material untuk beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dilakukan dengan mencampur agregat kasar dan agregat halus kondisi SSD ke dalam *mixer* molen yang kondisinya lembab selama ± 2 menit, kemudian ditambahkan bahan semen selama ± 4 menit. Ketika campuran bahan kering sudah homogen maka ditambahkan air ke dalam *mixer* molen selama ± 3 menit hingga campuran beton homogen. Metode pencampuran ini mengontrol kadar air melalui metode SSD agegrat dan penyesuaian gradasi agregat untuk optimasi *workability* dan kuat tekan.
2. Hasil dari komposisi/*mix design* didapatkan yaitu pada *trial* HSC-7 kuat tekan rata-rata didapatkan sebesar 44,14 MPa pada umur 28 hari dan slump 30 mm, pada *trial* HSC-8 didapatkan kuat tekan rata-rata 48,43 MPa pada umur 28 hari dan slump 50 mm, dan pada

trial HSC-9 didapatkan kuat tekan sebesar 42,53 MPa dengan slump 30 mm. Hasil kuat tekan ketiga *trial* telah memenuhi memenuhi syarat beton mutu tinggi minimal 41,4 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan, adapun saran pada penelitian tugas akhir ini:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* dengan penambahan faktor air semen untuk mencapai nilai *slump* di atas rencana pada *trial* HSC-8.
2. Perlu dilakukan percobaan pengulangan *trial* HSC-8 dengan penggunaan kadar agregat halus kurang dari 700 kg/m³ untuk mengurangi penyerapan kadar air beton yang mempengaruhi workabilitas.
3. Sebaiknya ditambahkan *superplasticizer* untuk meningkatkan workabilitas beton mutu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, F. (2024). *Pembuatan Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Zat Superplasticizer SIKAMEN LN (MUTU f'_c 55)*.
- Amir, A. A., Parung, H., & Djamaluddin, R. (2024). Pengaruh Karakteristik Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 11(1), 22–29. <https://doi.org/10.33019/fropil.v11i1.4100>
- ASTM International. (2003). *Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine* (ASTM C 131-03). ASTM International.
- ASTM International. (2006). *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates* (ASTM C136-06). ASTM International.
- ASTM International. (2009). *Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate* (ASTM C29-09). ASTM International.
- ASTM International. (2015). *Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate* (ASTM C128-15). ASTM International.
- ASTM International. (1976). *Standard test method for material finer than 75- μ m (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing* (ASTM C117-76). ASTM International.
- ASTM International. (2008). *Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate* (ASTM C127-08). ASTM International.
- ASTM International. (2019). *Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying* (ASTM C566-19). ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal* (SNI 03-2834-2000). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar* (SNI 1969-2008). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Metode uji keausan agregat menggunakan mesin Los Angeles* (SNI 2417-2008). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder* (SNI 1974-2011). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik konstruksi 2023*. Badan Pusat Statistik.
<https://www.bps.go.id>
- Bardosono, H. & Herbudiman, B. 2010. Pemanfaatan Beton Daur Ulang sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Beton Mutu Tinggi. Konferensi Nasional Teknik Sipil, 4 (Konf.

- Nas. Tek. Sipil), 8. (2010). Pemanfaatan Beton Daur Ulang sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Beton Mutu Tinggi. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 4(Konferensi Nasional Teknik Sipil), 8.
- Batubara, S., & Pangaribuan, W. (2023). Pengujian kuat tekan beton karakteristik menggunakan semen OPC Type I, PPC dan PCC. *Jurnal Insinyur Profesional*, 3(2), 122–126.
- Dan, P., & Susilowati, A. (2012). *Beton Mutu Tinggi Tanpa Proses Pemadatan Manual* (Vol. 11, Issue 1).
- Erfan, M., Surbakti, S., & Roostrianawaty, N. (n.d.). *Optimasi penggunaan „fly ash,, dengan kadar semen minimum Pada Beton Mutu Tinggi*. Prosiding SEMSINA. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/semsina/article/view/2233>
- Ginting, A., & Gunawan, W. (2011). *Pengaruh Kadar Air Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton*
- Ikponmwo, E. E., Olonade, K. A., Sulaiman, A. O., Akintunde, E. O., Enikanologbon, N. O., & Kehinde, O. A. (2023). Mix Design Optimization Of High-Performance Concrete Using Local Materials. *Nigerian Journal of Technology*, 42(2), 167–174. <https://doi.org/10.4314/njt.v42i2.2>
- Hardjasaputra. (2009). Aspek-aspek Teknik Beton–Ultra High Performance . Konferensi Nasional Teknik Sipil, 197–202.
- Husin, N. A. (2022). The Effect of Admixture Variations on Workability And Compressive Strength of Geopolymer Concrete Fly Ash Based With High Calcium Content. *International Journal of GEOMATE*, 22(92). <https://doi.org/10.21660/2022.92.j2333>
- Husnah. (2016). Analisa Perencanaan Beton Mutu Tinggi (*High Strength Concrete*) Dengan Semen Holcim. *Jurnal Rab Construction Research*, 10.
- Indocement, PT, Tbk. (2018). PCC Tiga Roda: Produk Hijau yang diakui oleh Green Listing Indonesia. [Online]. Available at: <https://www.sementigaroda.com/read/20180316/447/pcc-tiga-roda-produk-hijau-yang-diakui-oleh-green-listing-indonesia> [Accessed 3 March 2020].
- Keke, S., Xiaoqin, P., Shuping, W., & Lu, Z. (2019). Design method for the mix proportion of geopolymer concrete based on the paste thickness of coated aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 232, 508–517. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.254>
- Kumavat, K. K., & Chandak, R. (2021). Experimental investigations on effect of compaction, curing, water to cement ratio, cement type and temperature variation on the rebound

- hardness of concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(5), 1766–1773.
<https://doi.org/10.1007/s12205-021-1508-5>
- Kurniawandy, A., Djauhari, Z., Napitu Tua, E., (2011). Pengaruh abu terbang terhadap karakteristik mekanik beton mutu tinggi. *Jurnal Teknobiologi*, 2(1), 15-22.
- Meddah, M. S., Zitouni, S., & Belâabes, S. (2010). *Effect of content and particle size distribution of coarse aggregate on the compressive strength of concrete*. *Construction and Building Materials*, 24(4), 505–512.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.009>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Muhlis Mohamad, R., Rachman, A., Mointi, R., & Tinggi Teknik Bina Taruna Indonesia, S. (n.d.). *RADIAL juRnal perADaban saIns, rekayAsa dan teknoLogi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo Kuat Tekan Beton Untuk Mutu Tinggi 45 MPa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*
- Mutiara, O., & Asyah, R. (2022). *Komposisi Beton Mutu Tinggi 60 Mpa Dengan Penambahan Superplasticizer*.
- Mousavinezhad, S., Garcia, J. M., Toledo, W. K., & Newton, C. M. (2023). A Locally Available Natural Pozzolan as a Supplementary Cementitious Material in Portland Cement Concrete. *Buildings*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/buildings13092364>
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete technology*. 2nd ed. Pearson Education.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Pertiwi, N. (2014). *Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Segar* (Vol. 12, Issue 1).
- Pujianto, A. (2010). Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Fly Ash. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 13, No. 2*,
- Purwanto, E., Hasti,), Husni, R., Anggarani,), & Wibowo, B. (2016). *Pengaruh Semen OPC dan PCC Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton Mutu Tinggi Faktor Air Semen 0,36 Dan 0,39*.
- Prastiyo, R., Rochman, A., Taslimanurrohm, A., Yani Tromol, J. A., & Tengah, J. (n.d.). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2024 Tinjauan Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 20 mm*.
- Popovics, S. (1992). *Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing*. Park Ridge, NJ: Noyes Publications.

- 1972, S. (2008). Cara Uji *Slump* Beton. Badan Standar Nasional Indonesia.
- Saraswathy, V. (2017). Comparative study of strength and corrosion resistant properties of plain and blended cement concrete types. *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Sunarno, Sulisty, T., & Achmad, K. (2015). Pemanfaatan material lokal Pasir Samboja sebagai campuran Beton Mutu Tinggi. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 3(1). <https://doi.org/10.32487/jtt.v3i1.44>
- Standar Nasional Indonesia SNI 03-6468-2000 tentang “Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang”.
- Usrina, N., Aulia, T. B., & Muttaqin, M. (2018). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Bijih Besi. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(1), 179–188. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10368>
- Yasin, A. K., Bayuaji, R., & Susanto, T. E. (2017a). A review in high early strength concrete and local materials potential. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 267, 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/267/1/012004>

LAMPIRAN A HASIL PENGUJIAN MATERIAL

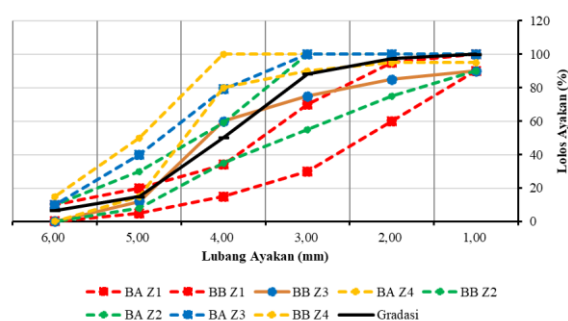
Pengujian Material Agregat Halus

Hasil Uji Berat Jenis Pasir

Keterangan	Sampel A	Sampel B
Labu Takar 1000 cc	0,00 gr	0,00 gr
Pasir + Air dalam labu takar (B)	1575,7 gr	1743,6 gr
Air dalam labu takar (C)	1258,4 gr	1427,5 gr
Berat Jenis Pasir SSD	2,7367	2,7189
Berat Jenis Pasir SSD	2,73	

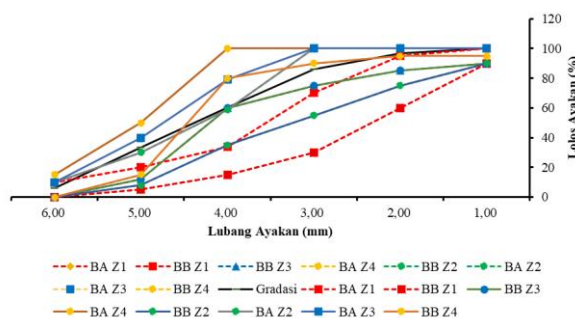
Hasil Analisa Ayakan Pasir 50% 14-40 dan 50% Pasir Lumajang

Ayakan		Pasir 50% 14-40 dan 50% Pasir Lumajang				
		Tertahan		Jumlah (%)		
No	mm	(gr)	%	Tertahan		Lolos
4	4,76	0,0	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	26,5	2,65	2,65	2,65	97,35
10	1,18	91,3	9,13	11,78	14,43	88,22
30	0,60	380,0	38,01	49,79	64,23	50,21
50	0,30	352,5	35,26	85,06	149,28	14,94
100	0,15	130,6	13,06	98,12	247,40	1,88
200	0,075	0,0	0,00			100,00
Pan	Pan	29,4	2,91	2,91	2,91	97,09



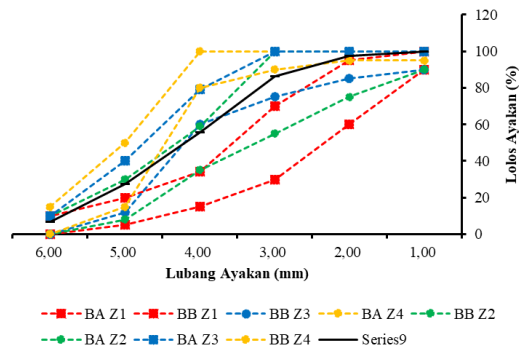
Hasil Analisis Ayakan Pasir Lumajang

Ayakan		Pasir Lumajang				
		Tertahan		Jumlah (%)		
No	mm	(gr)	%	tertahan	Kumulatif	lolos
4	4,76	0,0	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	26,5	2,65	2,65	2,65	97,35
10	1,18	91,3	9,13	11,78	14,43	88,22
30	0,60	380,0	38,01	49,79	64,23	50,21
50	0,30	352,5	35,26	85,06	149,28	14,94
100	0,15	130,6	13,06	98,12	247,40	1,88
200	0,075	0,0	0,00			100,00
Pan	Pan	29,4	2,91	2,91	2,91	97,09



Hasil Analisis Ayakan Pasir Lumajang 70% dan 14-40 30%

Ayakan		Pasir Lumajang 70% dan 14-40 30%				
		Tertahan		Jumlah (%)		
No	mm	(gr)	%	tertahan	Kumulatif	lolos
4	4,76	0,0	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	26,5	2,65	2,65	2,65	97,35
10	1,18	111,5	11,15	13,80	16,45	86,20
30	0,60	304,0	30,41	44,21	60,67	55,79
50	0,30	282,0	28,21	72,42	133,09	27,58
100	0,15	217,6	21,77	3,95	137,04	6,61
200	0,075	0,0	0,00			100,00
pan	pan	30,4	3,13	3,13	3,13	96,87
Total (gr)		972	97,32	97,2	349,90	



Hasi Uji Resapan Pasir

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel C
Cawan (B)	570,40 gr	601,50 gr	203,10 gr
Cawan + Pasir SSD	1070,4 gr	1101,5 gr	703,1 gr
Cawan + Pasir Kering Oven (A)	1068,5 gr	1100,1 gr	702,2 gr
Resapan Pasir	0,381	0,281	0,180
Rata-rata %	0,281		

Hasil Uji Kadar Air Pasir

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel C
Cawan	570,00 gr	601,40 gr	203,20 gr
Pasir + Cawan (B)	1070,0 gr	1101,4 gr	703,2 gr
Pasir Oven + Cawan (A)	1070,0 gr	1101,0 gr	702,9 gr
Kelembapan Pasir %	0,00001	0,03633061	0,0426803
Rata rata %	0,0263		

Hasil Kadar Lumpur Pasir

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Satuan
Tinggi endapan lumpur (A)	0,25	0,27	0,3	gr
Tinggi endapan pasir (B)	5	5,2	5,5	gr
Kadar lumpur	0,05	0,05	0,05	%
Rata-rata	0,05			%

Hasil Pengujian Material Agregat Kasar

Hasil Uji Berat Jenis Kerikil Maksimal 10 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B
Cawan (A)	200,80 gr	575,90 gr
Tempat dalam air (B)	648,4 gr	647,2 gr
Kerikil + Tempat air (C)	2512,1 gr	2508,2 gr
Cawan + Kerikil Oven (D)	3143,9 gr	3504,5 gr
Kerikil (E=D-A)	2943,1 gr	2928,6 gr
Kerikil dalam Air (F=C-B)	1863,7 gr	1861,0 gr
Berat Jenis Kerikil SSD	2,72660737	2,74316223
Berat Jenis Kerikil SSD rata-rata	2,734	

Hasil Uji Berat Jenis Kerikil Maksimal 20 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel B
Cawan (A)	224,70 gr	202,60 gr	211,90 gr
Tempat dalam air (B)	0,0 gr	0,0 gr	0,0 gr
Kerikil + Tempat air (C)	0,0 gr	0,0 gr	0,0 gr
Cawan + Kerikil Oven (D)	3143,9 gr	3504,5 gr	3504,5 gr
Kerikil (E=D-A)	2919,2 gr	3301,9 gr	3292,6 gr
Kerikil dalam Air (F=C-B)	1907,1 gr	1904,2 gr	1905,3 gr
Berat Jenis Kerikil SSD	2,884	2,362	2,373
Berat Jenis Kerikil SSD rata-rata	2,540		

Hasil Uji Kadar Air Kerikil maksimal 10 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B
Cawan	213,30 gr	113,80 gr
Kerikil + Cawan (B)	1213,3 gr	1113,8 gr
Kerikil Oven + Cawan (A)	1085,5 gr	1182,8 gr
Kelembapan Kerikil %	11,7733763	-5,83361515
Kelembapan Rata-rata	2,97	

Hasil Uji Kadar Air Kerikil maksimal 20 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B
Cawan	190,30 gr	207,20 gr
Kerikil + Cawan (B)	1190,3 gr	1207,2 gr
Kerikil Oven + Cawan (A)	1183,6 gr	1201,4 gr
Kelembapan Kerikil	0,00566	0,00483
Kelembapan Rata-rata	0,00524	

Hasil Uji Penyerapan Kerikil Maksimal 10 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B
Cawan (B)	111,30 gr	146,20 gr
Cawan + Kerikil SSD	3111,3 gr	3146,2 gr
Cawan + Kerikil Kering Oven (A)	3036,6 gr	3067,2 gr
Berat kerikil Oven (C=A-B)	2925,30 gr	2921,00 gr
Resapan Kerikil	2,553	2,704
Resapan Kerikil rata-rata	2,63	

Hasil Uji Penyerapan Kerikil Maksimal 20 mm

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel C
Cawan (B)	224,70 gr	202,60 gr	211,90 gr
Cawan + Kerikil SSD	3224,7 gr	3202,6 gr	3211,9 gr
Cawan + Kerikil Kering Oven (A)	3189,9 gr	3162,6 gr	3182,7 gr
Berat kerikil Oven (C=A-B)	2965,2 gr	2960,0 gr	2970,8 gr
Resapan Kerikil	1,174	1,351	0,983
Resapan Kerikil rata-rata	1,1693		

Hasil Uji Kadar Lumpur Kerikil

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Satuan
Berat Kerikil Sebelum di Oven (B)	1000	1000	1000	gr
Berat Kerikil Setelah di Oven (A)	987,2	985,9	987,7	gr
Kebersihan Kerikil Terhadap Lumpur	0,013	0,014	0,012	%
Rata-rata	0,013			%

Hasil Pengujian Abrasi Kerikil

Parameter Uji	Abrasi (20 mm)	Abrasi 2 (10 mm)
Berat sampel semula (A), gram	5000	5000
Berat sampel tertahan ayakan No.12 (B),gram	3922,7	3730,5
Nilai keausan,%	21,55%	25,39%
Standar keausan kerikil untuk beton	<40%	

Hasil Pengujian Material Semen OPC

Hasil Uji Berat Jenis Semen OPC

Pengujian Berat Jenis Semen OPC (ASTM C188, 2017)
--

Parameter		Sampel 1	Sampel 2	Sat.
Berat Semen OPC	A	250	250	gram
Piknometer + Semen OPC		395,9	400	gram
Piknometer + Semen OPC + minyak tanah	B	725,4	725,1	gram
Piknometer + minyak tanah	C	540,5	544,8	gram
Massa jenis kerosin	(d)	0,8	0,8	gr/ml
Berat jenis (BJ) Semen OPC	BJ	3,07	2,87	gr/ml
.BJ rata-rata Semen OPC	BJ rata-rata	2,97		gr/ml

Hasil Pengujian Material Semen PCC

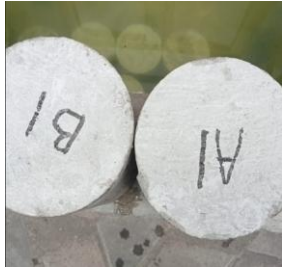
Hasil Uji Berat Jenis Semen PCC

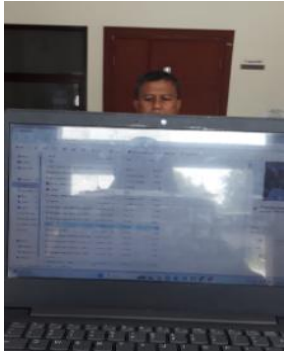
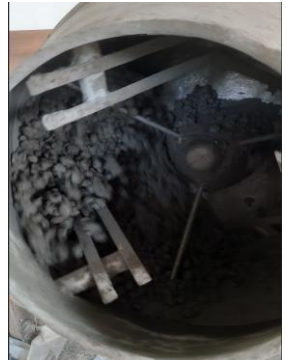
Pengujian Berat Jenis Semen PCC (ASTM C188, 2017)					
Parameter		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sat.
Berat Semen PPC	A	250	250	250	gram
Piknometer + Semen PPC		398,7	399,9	399,6	gram
Piknometer + Semen PPC + minyak tanah	B	718,3	725,6	725,8	gram
Piknometer + minyak tanah	C	544,5	544,9	544	gram
Massa jenis kerosin	(d)	0,8	0,8	0,8	gr/ml
Berat jenis (BJ) Semen PPC	BJ	2,62	2,89	2,93	gr/ml
BJ rata-rata Semen PCC	BJ rata-rata	2,81			gr/ml

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B LOGBOOK

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
11 Mei 2023	Asistensi Pelaksana: Nova, Melati, Abbiyu	Kampus ITS Manyar 11.00-12.00	Konsep dan pembahasan materi beton mutu tinggi Kendala: - Solusi: -	
29 Mei 2023	Asistensi Pelaksana: Nova	Kampus ITS Manyar 11.00-12.00	Prosedur Uji Lab, membuat surat ijin lab Kendala: - Solusi: -	
4 Juli 2023	Pengujian material Pelaksana: Nova, Melati, Abbiyu	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
27 November 2023	Pengecoran 1 HSC Uji kuat tekan 3, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 13.00-15.00	Pengecoran 12 sampel silinder 10x20 cm Agregat maksimal 20 mm Slump: 55 mm Kendala: Campuran yang terbentuk 11, sampel rencana 12, kurang 1 benda uji (ada selisih slump dan volume) Solusi: Pengecekan perhitungan mix design	

29 November 2023	Lepas bekisting dan curing beton Pelaksana: Nova dkk Asistensi dengan Prof Ridho Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-10.30 Zoom meeting 18.30-20.00	Kendala: - Solusi: Benda uji sedikit, <i>safety factor</i> dipakai besar antara 1,3-1,5	
26 Desember 2023	Persiapan material agregat kasar (dibersihkan dari kadar lumpur) Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
27 Desember 2024	Pengecoran 2 HSC Uji kuat tekan 3, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Pengecoran 12 sampel silinder 10x20 cm agregat maksimal 20 mm Kendala: Slump 0 Solusi: Melakukan trial lagi	
28 Desember 2023	Lepas bekisting dan curing 12 sampel Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Hasil beton ada yang keropos Solusi: Diperhatikan rojokan beton lebih rata	

22 Maret 2024	Asistensi dengan Prof Ridho Pelaksana: Nova	Kampus ITS Cokroaminoto 14.00-16.00	Kendala: - Solusi: Semen yang dipakai yaitu PCC yang memerlukan butuh banyak air, agregat dikondisikan ssd untuk mencapai fas	
1 Juli 2024	Pengecoran 3 HSC Uji kuat tekan 3, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Solusi: Agar beton tidak keropos maka dilakukan rojokan dengan alat penggetar	
19 Agustus 2024	Asistensi dengan Prof Ridho Pelaksana: Nova	R2 Kampus ITS Manyar 08.00-10.00	Pembahasan pengujian bahan pengisi yaitu kerikil dan pasir, diperhatikan kondisi SSD.	
18 Januari 2025	Pengecoran 4 HSC Uji kuat tekan 3, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Pengecoran 12 sampel silinder 10x20 cm Agregat maksimal 10 mm Slump: 50 mm Kendala: Kuat tekan tidak sampai pada 28 hari, berat beton kurang dari perhitungan Solusi: Pengecekan perhitungan mix design	

23 Januari 2025	Pengecoran 5 HSC Uji kuat tekan 3, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Pengecoran 6 sampel silinder 10x20 cm Agregat maksimal 10 mm Slump: 65 mm Kendala: - Solusi: Repeat trial campuran	
12 Februari 2025	SSD pasir Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Mengkondisikan pasir SSD dengan cara disimpan ke dalam container box, pasir yang sudah bersih dari kadar organik. Pengondisian pasir SSD dapat dilakukan, container box tidak terpapar langsung oleh terik matahari, kondisi box tertutup atau suhunya sama stabil tidak terlalu panas agar pasir tidak menjadi terlalu kering. Kendala: - Solusi: -	
4 Maret 2025	Uji resapan dan kadar air agregat material baru datang di lab Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	

5 Maret 2025	Mencuci materil dan SSD kerikil Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	 
19 Maret 2025	Pengecoran HSC Uji tekan 7, 14, 28, 56 hari Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Pengecoran 7 sampel silinder 10x20 cm dengan gradasi agregat maksimal 10 mm (60%), agregat maksimal 20 mm (40%) Slump: 20 mm Kendala: Slump belum mencapai Solusi: Repeat trial campuran dengan penambahan fas	  

25 Maret 2025	Uji Tekan 28 hari pengecoran 6 HSC Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
26 Maret 2025	Uji Tekan 7 hari Pengecoran 7 HSC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
9 April 2025	Pembersihan dan SSD kerikil, Uji abrasi kerikil Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	 
11 April 2025	Uji 14 hari mix 7 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: mutu turun Solusi: agregat lebih diratakan tiap sampel saat casting di bekisting	

16 April 2025	Uji 28 hari mix 7 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: mutu turun Solusi: Tidak memakai gradasi kerikil besar maks. 20 mm	 
21 April	Uji 56 hari miX 6 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
30 April 2025	SSD Pasir Lumajang maks. 4,75mm dan pasir 14-40 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	 

5 Mei 2025	Pengecoran HSC mix 8 variasi 1 Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: slump belum mencapai perencanaan 50mm $\pm$ 2 Solusi: repeat pengecoran	
5 Mei 2025	Pengecoran HSC mix 8 variasi 2 Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: slump belum mencapai perencanaan 50mm $\pm$ 2 Solusi: repeat pengecoran	
14 Mei 2025	Uji 56 hari mix 7 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
15 Mei 2025	Uji tekan 7 hari MIX 8 V1 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	

15 Mei 2025	Uji tekan 7 hari MIX 8 V2 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Kuat tekan beton turun daripada variasi 1 Solusi: Tidak memakai variasi campuran ini	
22 Mei 2025	Uji tekan 14 hari MIX 8 V1 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
22 Mei 2025	Uji tekan 14 hari MIX 8 V2 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Kuat tekan beton turun daripada variasi 1 Solusi: Tidak memakai variasi campuran ini	
22 Mei 2025	Pengecoran HSC MIX 9 OPC Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Slump: 30 mm Solusi: Cek kuat tekan pada 7 hari apakah dapat mencapai target 1/0.65 dari kuat tekan rencana. Dapat naikan fas untuk dapat slump 50 mm	

28 Mei 2025	Pengecoran HSC MIX 10 OPC Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Slump: 50 mm Solusi: Cek kuat tekan pada 7 hari apakah dapat mencapai target 1/0.65 dari kuat tekan rencana beton mutu tinggi > 41.4 MPa.	
29 Mei 2025	Uji tekan 7 hari MIX 9 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
2 Juni 2025	Uji tekan 28 hari MIX 8 V1 dan V2 Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: - Kuat tekan rata-rata V1 = 41.4 MPa dan kuat tekan rata-rata V2 = 47.9 MPa. Kuat tekan rata telah memenuhi minimal yaitu 41.4 MPa	
3 Juni 2025	Pengecoran HSC MIX 11 PCC Pelaksana: Nova dkk	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: Slump: 30 mm Solusi: Slump telah memenuhi rencana 50mm ±2. Cek kuat tekan pada 7 hari apakah dapat mencapai target 1/0.65 dari kuat tekan rencana beton mutu tinggi > 41.4 MPa.	

4 Juni 2025	Uji tekan 7 hari MIX 10 OPC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: - Kuat tekan rata-rata = 43.2 MPa	
5 Juni 2025	Uji tekan 14 hari MIX 9 OPC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: - Kuat tekan rata-rata = 40.19 MPa	
10 Juni 2025	Uji tekan 7 hari MIX 11 PCC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: - Kuat tekan rata-rata = 37.4 MPa	
11 Juni 2025	Uji tekan 14 hari MIX 10 OPC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: - Kuat tekan rata-rata = 47.9 MPa	
17 Juni 2025	Uji tekan 28 hari MIX 9 OPC (Pedoman Tata Cara Perhitungan dengan semen OPC, PPC, dan PCC (SNI-7656-2012) Pelaksana:	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	

	Nova			
17 Juni 2025	Uji tekan 14 hari MIX 11 PCC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
25 Juni 2025	Uji tekan 28 hari MIX 10 OPC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
30 Juni 2025	Uji tekan 28 hari MIX 11 PCC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
30 Juni 2025	Uji tekan 56 hari MIX 8 V1 PCC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	
30 Juni 2025	Uji tekan 56 hari MIX 8 V2 PCC Pelaksana: Nova	LMSG ITS 10.00-16.00	Kendala: - Solusi: -	

BIODATA PENULIS



Nova Kharisma

Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 3 Noveber 2002, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Jumputrejo, SDN Jumputrejo, SMPN 1 Sukodono, dan SMKN 3 Buduran. Setelah lulus dari SMKN 3 Buduran tahun 2021, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS pada tahun 2021 dan terdaftar dengan NRP 2035211018. Selama kuliah penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar, pelatihan, serta beberapa kategori kompetisi seperti, Kompetisi Bangunan Gedung Indonesia (KBGI), lomba kuat tekan beton yang diselenggarakan oleh Perguruan Tinggi, serta kompetisi di bidang olahraga bola voli baik di tingkat Institut, Fakultas, maupun Departemen. Penulis juga sempat menjadi delegasi *National Student Conference* sebagai pembicara di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2023 serta aktif dalam kegiatan penelitian mengenai *High Strength Concrete* di Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG) Kampus ITS Manyar sejak semester 5 kuliah. Penulis dapat dihubungi melalui email: nov4kharisma@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan