TUGAS AKHIR

ANALISA BETON *FAST TRACK* 45 DENGAN ABU BATU SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PASIR UNTUK PERKERASAN JALAN

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :

Moh Izzuddin Abdussalam — **NIM : 30201900122**

Muhammad Choirul Ramadhan — **NIM : 30201900132**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA BETON *FAST TRACK* 45 DENGAN ABU BATU SEBAGAI MATERIAL SUBTITUSI PASIR UNTUK PERKERASAN JALAN

Moh Izzuddin Abdussalam
NIM : 30201900122

Muhammad Choirul Ramadhan
NIM : 30201900132

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, … Juli 2023

Tim Penguji — Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT**
   NIDN: 0605016802
2. **Juny Andry Sulistyo, ST., MT**
   NIDN: 0611118903
3. **Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**
   NIDN: 0625059102

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 43 / A.2 / SA – T / VII / 2023

Pada hari ini tanggal 25 Juli 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari., MT.
   Jabatan Akademik : Asisten Ahli
   Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Juny Andry Sulistiyo, ST., MT.
   Jabatan Akademik : Asisten Ahli
   Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Moh Izzuddin Abdussalam
NIM : 30201900122

Muhammad Choirul Ramadhan
NIM : 30201900132

Judul : Analisa Beton *Fast Track* 45 Dengan Abu Batu Sebagai Material Substitusi Pasir Untuk Perkerasan Jalan

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	09/03/2023	
2	Proposal	16/05/2023	ACC
3	Pengumpulan data	23/05/2023	ACC
4	Analisis data	31/05/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	02/06/2023	ACC
6	Selesai laporan	24/07/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

Dosen Pembimbing Pendamping

Juny Andry Sulistiyo, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Moh Izzuddin Abdussalam

NIM 30201900122

NAMA : Muhammad Choirul Ramadhan

NIM 30201900122

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

"Analisa Beton *Fast Track* 45 Dengan Abu Batu Sebagai Material Substitusi Pasir Untuk Perkerasan Jalan"

Benar bebas plagiat dan apabila penyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentua yang berlaku.

Demikian surat peryataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2023

Yang membuat pernyataan

Moh Izzuddin Abdussalam

NIM : 30201900122

Semarang, Juli 2023

Yang membuat pernyataan

Muhammad Choirul Ramadhan

NIM : 30201900132

PERNYATAAN KEASLIAN

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA	:	Moh Izzuddin Abdussalam
NIM	:	30201900122
JUDULTUGAS AKHIR	:	Analisa Beton *Fast Track* 45 Dengan Abu Batu Sebagai Material Substitusi Pasir Untuk Perkerasan Jalan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Moh Izzuddin Abdussalam

NIM : 30201900122

PERNYATAAN KEASLIAN

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA	:	Muhammad Choirul Ramadhan
NIM	:	30201900132
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Analisa Beton *Fast Track* 45 Dengan Abu Batu Sebagai Material Substitusi Pasir Untuk Perkerasan Jalan

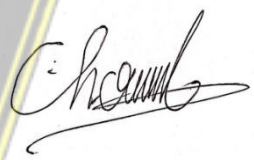
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Choirul Ramadhan

NIM : 30201900132

MOTTO

Artinya: Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik. (QS. Ali ‘Imran ayat 110)

Artinya: Hai orang-orang yang beriman, janganlah sekumpulan orang laki-laki merendahkan kumpulan yang lain, boleh jadi yang ditertawakan itu lebih baik dari mereka. Dan jangan pula sekumpulan perempuan merendahkan kumpulan lainnya, boleh jadi yang direndahkan itu lebih baik. Dan janganlah suka mencela dirimu sendiri dan jangan memanggil dengan gelaran yang mengandung ejekan. Seburuk-buruk panggilan adalah (panggilan) yang buruk sesudah iman dan barangsiapa yang tidak bertobat, maka mereka itulah orang-orang yang zalim. (QS. Al Hujurat ayat 11)

Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan. (QS. Al Insyirah ayat 5-6)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Moh Maqsudi HS dan Ibu saya Mahmudah, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT dan Bapak Juny Andry sulistyo, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir inidengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya kaka – kakak dan adik – adik saya yang telang mensupport saya
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Muhammad Choirul Ramadhan, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Ghori Team dan teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya..

Moh Izzuddin Abdussalam

NIM : 30201900122

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Suwarto dan Ibu saya Eni Kismiatun , atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT dan Bapak Juny Andry sulistyo, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir inidengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya kaka – kakak dan adik – adik saya yang telang mensupport saya.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Moh Izzuddin Abdussalam,terimakasih sudah mau bertahan sampai sejauh ini dan juga terimakasih atas waktu serta semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Ghori Team dan teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Muhammad Choirul Ramadhan

NIM : 30201900132

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Beton *Fast Track* 45 Dengan Abu Batu Sebagai Material Substitusi Pasir Untuk Perkerasan Jalan" guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNiSSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
2. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari., MT selaku dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama punyusunan skripsiini.
3. Bapak Juny Andry Sulistiyo, ST., MT. selaku dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunanskripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Seluruh Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA yang telah banyak membantu selama menempuh pendidikan Strata – 1.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi pembaca.

Semarang, Januari, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR ..... **iii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iv**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **v**
MOTTO ..... **vii**
PERSEMBAHAN ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
ABSTRAK ..... **xvii**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan 3
1.4. Manfaat 3
1.5. Batasan masalah 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1. Deskripsi Beton 4
2.2. Bahan Penyusun Beton 5
2.2.1. Agregat 5
2.2.2. Agregat Kasar 6
2.2.3. Agregat Halus 6
2.2.4. Portland Cement 8
2.2.5. Air 9
2.2.6. Bahan Tambah 9
2.2.7. Abu Batu 10
2.2.8. Retarder 10
2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton 10
2.3.1 Workability 10
2.3.2 Durability 11
2.3.3. Kuat Tekan Beton 11

2.3.4. Kuat Lentur 12
2.4. Penelitian Terdahulu 12
2.5. Keaslian Penelitian 16
BAB III METODE PENELITIAN 17
3.1. Persiapan 17
3.2. Bahan 18
3.3. Peralatan 18
3.4. Pengujian Material Individu 21
3.5. Pembuatan Benda Uji 21
3.6. Uji Kuat Tekan 23
3.7. Uji Kuat Lentur 24
3.8. Bagan Alir 25
3.9. Metode Analisis 27
3.10. Tempat dan Rencana Waktu Penelitian 29
BAB IV HASIL PENELITIAN 30
4.1. Hasil Pengujian Material 30
4.1.1. Agregat Halus 30
4.1.2. Agregat Kasar 37
4.2. Komposisi Material Beton 43
4.3. Mix Design Beton *Fast Track* 45 48
4.4. Kuat Tekan Beton Normal 48
4.5. Kuat Tekan Beton Fast Track 45 Umur 4 Hari 51
4.6. Kuat Tekan *Fast Track* 7 Hari 59
4.7. Kuat Tekan *Fast Track* 28 Hari 68
4.8. Hasil Uji Slump Test 76
4.9. Kuat Tekan Rata-Rata 77
BAB V PENUTUP 92
5.1. Kesimpulan 92
5.2. Saran 92
DAFTAR PUSTAKA 93
LAMPIRAN 95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus 36
Gambar 4. 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar 42
Gambar 4. 3. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen.....47
Gambar 4. 4. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari.....49
Gambar 4. 5. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari.....50
Gambar 4. 6. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari.....50
Gambar 4. 7. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 1) 53
Gambar 4. 8. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 2) 54
Gambar 4. 9. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 3) 54
Gambar 4. 10. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 1) 55
Gambar 4. 11. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 2) 55
Gambar 4. 12. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 3) 56
Gambar 4. 13. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 1) 56
Gambar 4. 14. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 2) 57
Gambar 4. 15. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 3) 57
Gambar 4. 16. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 1) 58
Gambar 4. 17. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 3) 59
Gambar 4. 18. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 1) 62
Gambar 4. 19. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 2) 62
Gambar 4. 20. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 3) 63
Gambar 4. 21. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 1) 63
Gambar 4. 22. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 2) 64
Gambar 4. 23. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 3) 64
Gambar 4. 24. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 1) 65
Gambar 4. 25. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 2) 65
Gambar 4. 26. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 3) 66
Gambar 4. 27. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 1) 66
Gambar 4. 28. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 2) 67
Gambar 4. 29. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 3) 67
Gambar 4. 30. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 1) 70

Gambar 4. 31. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 2) 71
Gambar 4. 32. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 3) 71
Gambar 4. 33. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 1) 72
Gambar 4. 34. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 2) 72
Gambar 4. 35. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 3) 73
Gambar 4. 36. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 1) 73
Gambar 4. 37. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 2) 74
Gambar 4. 38. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 3) 74
Gambar 4. 39. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 1) 75
Gambar 4. 40. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 2) 75
Gambar 4. 41. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 3) 76
Gambar 4. 42. Grafik kuat tekan rata-rata beton normal 4, 7 dan 28 hari 78
Gambar 4. 43. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari.....78
Gambar 4. 44. Grafik Balok kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari 79
Gambar 4. 45. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari.....80
Gambar 4. 46. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari 81
Gambar 4. 47. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari.....82
Gambar 4. 48. Grafik Balok kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari 83
Gambar 4. 49. Grafik Silinder kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari.....83
Gambar 4. 50. Grafik Silinder kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari.....84
Gambar 4. 51. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari 85
Gambar 4. 52. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari 86
Gambar 4. 53. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari 87
Gambar 4. 54. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari 88
Gambar 4. 55. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton Variasi Silinder.....89
Gambar 4. 56. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton Variasi Balok.....89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Agregat Kasar 6
Tabel 2.2. Gradasi Saringan Agregat Halus 7
Tabel 2.3. Senyawa penyusun *portland cement* 8
Tabel 2.4. Perbandingan Penelitian 12
Tabel 2.5. Rencana Penelitian 13
Tabel 3.1 Komposisi Normal Pasir 100% 19
Tabel 3.2. Komposisi Fly Ash 10% dan Abu Batu 50% 20
Tabel 3.3. Komposisi Fly Ash 15% dan Abu Batu 100% 20
Tabel 3.4. Rencana Jadwal Penelitian 29
Tabel 4. 1. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus 30
Tabel 4. 2. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus 31
Tabel 4. 3. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus 32
Tabel 4. 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus 33
Tabel 4.5. Data Penyaringan Agregat Halus 34
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Halus 36
Tabel 4. 7. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar 37
Tabel 4. 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar 38
Tabel 4. 9. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 39
Tabel 4. 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 40
Tabel 4. 11. Data Penyaringan Agregat Kasar 41
Tabel 4. 12. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Kasar 42
Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran Beton Normal 43
Tabel 4. 14. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m^3 43
Tabel 4. 15. Komposisi Material Campuran Fly Ash 10% dan Abu Batu 50% 44
Tabel 4. 16. Presentase Komposisi Campuran Fly Ash 10% dan Abu Batu 50% 44
Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran Fly Ash 15% dan Abu Batu 100% 45
Tabel 4. 18. Presentase Komposisi Campuran Fly Ash 15% dan Abu Batu 100% 45
Tabel 4. 19. Komposisi Material Campuran dengan zat aditif per 0,02 m^3 46
Tabel 4. 20. *Job Mixed Design* 48
Tabel 4. 21. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 48

Tabel 4. 22. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 49
Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 4 Hari.....51
Tabel 4. 24. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 4 Hari.....51
Tabel 4. 25. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 4 Hari.....52
Tabel 4. 26. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 4 Hari.....52
Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 7 Hari.....59
Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 7 Hari.....60
Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 7 Hari.....60
Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 7 Hari.....60
Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 28 Hari.....68
Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 28 Hari.....68
Tabel 4. 33. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 28 Hari.....68
Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 28 Hari.....69
Tabel 4. 35. Hasil *Slump test*.....76
Tabel 4. 36. Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal Silinder 78
Tabel 4. 37. Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal Balok 78
Tabel 4. 38. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Silinder Variasi 1(Satu) 79
Tabel 4. 39. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Balok Variasi 1 (Satu)...80
Tabel 4. 40. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Silinder Variasi 2 (dua).80
Tabel 4. 41. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Balok Variasi 2 (dua)....81
Tabel 4. 42. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 1 82
Tabel 4. 43. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 1 (satu) ...83
Tabel 4. 44. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 2 (dua).84
Tabel 4. 45. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 2 (dua)....84
Tabel 4. 46. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 1 (Satu)85
Tabel 4. 47. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 1 (Satu)...86
Tabel 4. 48. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 2 (Dua)87
Tabel 4. 49. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 2 (Dua)...88
Tabel 4. 50. Kuat Tekan Rata-rata Beton Silinder 88
Tabel 4. 51. Kuat Tekan Rata-rata Beton Balok 89

ANALISA BETON *FAST TRACK* 45 DENGAN ABU BATU SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PASIR UNTUK PERKERASAN JALAN

Abstrak

Beton *Fast Track* adalah beton siap pakai yang cepat mengeras dan dapat langsung digunakan untuk lalu lintas. Perkerasan jalan ini bisa dibuka untuk lalu lintas disaat umur beton belum mencapai 7 hari. Beton yang digunakan adalah beton kuat tekan tinggi dimana kuat tekan beton harus sudah mencapai 300 kg/cm^2 (25 MPa) pada umur 28 hari. Komposisi material dari beton *fast track* 45 terdapat bahan tambah *retarder* type D. Pada penelitian ini digunakan komposisi pengganti sebagian abu batu dengan presentase 0%, 50% ,dan 100% serta bahan tambah *fly ash* 10% - 20% dari semen.

Metode yang dipakai dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental laboratoris. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dan balok. Pengujian yang dilakukan pada beton *fast track* 45 meliputi kuat tekan dan kuat lentur saat benda uji berumur 4, 7, dan 28 hari.

Dari hasil pengujian didapatkan job mix formula terbaik beton *fast track* 45 pada variasi 1 (abu batu 50%) dengan kuat tekan sebesar 35,850 MPa (633,526 kg/cm^2) diumur 28 hari. Sedangkan nilai kuat lentur terbaik pada variasi 1 (abu batu 50%) dengan kuat tekan terbesar 4,776 Mpa (48,702 kg/cm2) pada umur 28 hari.

Kata Kunci : *Fast Track; Fly as; Retarder*

ANALYSIS OF *FAST TRACK* 45 CONCRETE USING STONE ASH AS A SAND SUBSTITUTION MATERIAL FOR ROAD PAVEMENT

Abstract

Fast Track Concrete is ready-mix concrete that sets quickly and can be used immediately for traffic. This road pavement can be opened to traffic when the concrete has not reached 7 days old. The concrete used is high compressive strength concrete where the compressive strength of the concrete must have reached 300 kg/cm2 (25 MPa) at the age of 28 days. The material composition of fast track 45 concrete contains type D retarder additives. In this study, a partial replacement composition for stone ash was used with percentages of 0%, 50% and100% as well as 10% - 20% fly ash added from cement.

The method used in this research is laboratory experimental method. The test objects used are in the form of cylinders and blocks. Tests carried out on fast track 45 concrete included compressive strength and flexural strength when the specimens were 4, 7 and 28 days old.

From the test results, the best job mix formula was fast track 45 concrete in variation 1 (50% rock ash) with a compressive strength of 35.850 MPa (633.526 kg/cm2) at 28 days old. While the best flexural strength value is in variation 1 (50% rock ash) with the greatest compressive strength of 4.776 MPa (48.702 kg/cm2) at 28 days of age.

Keywords : *Fast Track; Fly ash; Retarder*

UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan bangunan yang digunakan untuk mendukung beban pada konstruksi bangunan seperti pondasi, kolom, balok, tangga, platlantai, dan untuk infrastruktur air serta untuk pekerjaan perkerasan keras untuk jalan raya *(rigid pavement)*. Elemen penyusun beton terdiri dari bahan semen hidrolik *(portland cement)*, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah *(admixture atau additive)*. Tri Mulyono (2005), mengklaim bahwa kandungan agregat dalam dalam campuran beton relatif tinggi dengan presentase sekitar 60%-70%. Meskipun kegunaannya hanya sebatas untuk pengisi, tetapi karena komposisinya yang besar, agregat inipun menjadi cukup penting, oleh sebab itu perlu mempelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat-sifat adukan atau beton yang akan dibuat. Sedangkan, menurut Paul dan Antoni, agregatmengisi antara 70%-75% dari keseluruhan volume beton sehingga kualitas agregat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas beton. Ketika agregat berkulaitas tinggi, beton akan menjadi kuat, mudah dikerjakan *(workable)* tahan lama *(durable)* dan terjangkau.

Beton *fast track* merupakan beton yang cepat keras dan tidak memerlukan waktu lama bisa langsung dipakai untuk pembukaan lalu lintas jalan raya. Beton *fast track* mempunyai standar khusus yang dibutuhkan untuk segmen perkerasan jalan kaku *(rigid pavement*). Meski beton belum berumu tujuh hari, perkerasan jalan sudah bisa dibuka untuk lalu lintas. Beton dengan kuat tekan tinggi digunakan dalam standar ini sebagai beton perkerasan yang kokoh untuk pembukaan lalu lintas awal. Pada saat beton berumur 28 hari harus sudah mencapai kuat tekan 300 kg/cm^2 (25 MPa). Bahan-bahan yang dipakai untuk beton *fast track* ini yaitu *portland cement* type I (satu) dan III (tiga), air, agregat halus, agregat kasar, bahan tambah, besi, bahan sambungan serta bahan yang digunakan untuk merawat beton

Agregat sering dibagi menjadi dua kategori berdasarkan ukuran, agregat halus dan agregat kasar. Menurut Standar ASTM, mendefinisikan agregat halus sebagai batuan dengan ukuranbutir kurang dari dari 4,75 mm sedangkan agregat kasar sebagai batuan dengan ukuran butir lebih dari atau sama dengan 4,75 mm. Menurut A. Haris dkk. (2017), Abu batu adalah bahan limbah hasil dari sektor pemecah batu dalam jumlah yang cukup banyak yang menyebabkan abu batu pada mesin *stone crusher* jadi bahan berlebih yang perlu dicari penerapannya. Abu batu memiliki permukaan yang tajam karena berasal dari alat pengancurbatu yang telah melalui proses ayak. Disamping itu abu batu memiliki ukuran butiran yang kecil seperti debu, dan lebih tersebar merata diseluruh bagiannnya daripada pasir

Pada kegiatan industri pastinya menghasilkan bekas industry atau bahan limbah. Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan suatu industri yang memerlukan batu bara untuk bahan bakar yang dalam prosesnya biasanya menghasilkan limbah hasil pembakaran beruba batu terbang (*fly ash*), *Bottom Ash* dan flue gas desulfurization. Setiap bangunan beton pasti menggunakan pasir dan semen. Sehingga secara tidak langsung diperlukan bahan baru yang dapat menggantikan (Substitusi) peranan pasir dan *portland cement* pada fungsi tersebut dan dapat membantu meminimalkan jumlah penggunaan pasir dan *portland cement*

Kebutuhan akan bahan baru tersebut sangat penting disebabkan pasir yang diambil dari alam lama kelamaan akan habis. Selain itu disetiap daerah tidak selau terdapat pasir dengan kualitas yang. Sama halnya dengan semen yang lama kelamaan juga akan habis. Metakaolin, abu sekam, abu terbang, abu batu dan trass pada persentase tertentu adalah beberapa bahan yang dapat digunakan untuk menggantikan semen. Berdasarkan konteks tersebut maka dilakukan penilitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan abu terbang (*fly ash)* dan abu batu grinsing sebagai substitusi pasir dan semen terhadap kuat tekan beton dan kuat lentur beton.

Komposisi yang digunakan pada penelitian ini adalah mengganti sebagian abu batu dengan presentase 0%, 50%, 100% serta menambahkan *fly ash* 10% - 20% dari semen. Beton yang penulis teliti menggunakan mutu beton *Fast Track* 45.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini peneliti menemukan rumusan masalah meliputi:

1. Bagaimana pengaruh abu batu sebagai material substitusi pasir dengan penambahan zat aditif *retarder type D* terhadap kuat lentur dan kuat tekan beton *Fast Track* 45?
2. Berapa presentase dari penggunaan abu batu sebagai material substitusi pasir dengan penambahan zat aditif *retarder type D* terhadap kuat lentur beton dan kuat tekan beton ?

1.3. Tujuan

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Mendapatkan Job mix Formula terbaik dari pencampuran beton *Fast Track* 45 dengan abu batu sebagai substitusi pasir.
2. Mendapatkan beton *Fast Track* 45 yang memiliki kuat lentur terbaik dari pencampurandengan abu batu sebagai substitusi pasir.

1.4. Manfaat

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Mengkaji Job mix Formula terbaik dari pencampuran beton *Fast Track* 45 dengan abubatu sebagai substitusi pasir.
2. Mengkaji beton *Fast Track* 45 yang memiliki kuat lentur terbaik dari pencampurandengan abu batu sebagai substitusi pasir.

1.5. Batasan masalah

Pada penelitian ini batasan masalah meliputi :

1. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada beton *Fast Track* 45.
2. Penggunaan abu batu dengan presentase sebesar 0%, 50%, dan 100% terhadap agregat halus
3. Bahan tambah *fly ash* yang merupakan abuhasil pembakaran batu bara pada PLTU Jepara dan abu batu dari gringsing
4. Zat aditif menggunakan *Retarder type D.*
5. Penilitian ini hanya sebatas penilitian dalam laboratorium tidak melakukan penilitian dalam penghamparan lapangan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Beton

Beton adalah bahan bangunan yang sering digunakan untuk membuat gedung, rumah, jembatan, jalan raya, dan struktur lainnya. Substansi beton adalah homogen. Beton dibuat dengan mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau bahan agregat lain dan air, dengan *portland cement* atau semen hidrolik yang lainnya, dan terkadang dengan bahan tambah kimia ataupun fisikal dalam perbandingan tertentu. Campuran tersebut kemudian dituangkan kedalam cetakan dan dibiarkan mengering. Semen dan air mengalami interkasi kimiawi yang menyebabkan pengerasan. Semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air merupakan bahan utama pembuatan beton. Campuran material pembuat beton harus dipilih dengan baik, sehingga dapat memperoleh adukan beton basah yang gampang dikerjakan, serta memenuhi kuat tekan perencanaan setelah mengeras dan cukup terjangkau (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi,2016).

Beton telah lama menjadi bahan konstruksi yang populer. Bahan tersebut dihasilkan dengan cara mencampur *portland cement*, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu, serta akan mengeras dalam jangka waktu yang telah ditentukan (Rosida, 2007 dalam Supriadi,2016). Betondidefinisikan sebagai campuran *portland cement*, air dan agregat dengan atau tanpa campuran bahantambahan yang memadat membentuk suatu massa. SK SNI T-15-1990- 03

Material bahan pembentuk beton secara luas dibagi menjadi dua bahan aktif dan bahan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Bagian aktifnya adalah *Portland cement* dan air, sebaliknya bagian pasifnya (peningkatan volume) adalah agregat yang dibagi menjadi agregat halus dan agregat kasar (Revilla et all, 2020). Bagian pasifnya dikatakan sebagai pengikat atau perekat. Bahan tambah (aditif) ialah yang bukan air, pasir, kerikil, ataupun *Portland cement*, yang dimasukkan kecampuran beton selama proses pencampuran (Asteris et al, 2019).

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Agregat

Partikel mineral alami yang dikenal sebagai agregat berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton cukup tinggi, antara 60% - 70% dari volume beton. Meskipun perannya hanya berfungsi sebagai pengisi, karakteristik agregat berdampak langsung pada seberapa baik kinerja beton karena komposisinya yang substansial. Karakteristik agregat yang paling penting adalah kekuatan tekan dan ketahanan benturan, serta porositas dan penyerapan air, yang mempengaruhi ketahanan kimia dan ketahanan susut serta daya rekatnya terhadap bubur semen.

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah bahan butiran yang digunakan Bersama dengan bahan pengikat untuk membuat beton atau mortar emen hidrolik. Contoh agregat ialah pasir, kerikil, dan batu pecah. Dari perspektif sumber, memungkinkan kita untuk mengkategorikan agregat menjadi dua kategori yaitu agregat alami dan agregat buatan manusia. Pasir dan kerikil ialah contoh agregat yang berasal alam sedangkan agregat buatan manusia ialah agregat dari *stone crusher*, *blast furnace slag*, *tile chips*, beton pecah dan lain-lain (Mulyono, 2014). Tujuan digunakannya agregat dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton ;
- Mencapai susunan beton yang padat dengan gradasi yang baik ;
- Mengurangi susut pengerasan pada beton ;
- Workability dapat diperiksa pada adukan beton dengan gradasi yang baik ;
- Menghemat penggunaan semen.

Batuan yang mengandung senyawa kimia dengan memiliki berbagai kekuatan dan berat jenis yang disebut agregat. Sekitar 75% dari total isi beton terdiri dari agregat dan karakteristik agregat sangat mempengaruhi karakteristik beton yang mengeras. Sifat agregat mempengaruhi tidak hanya kinerja beton tetapi juga daya tahan yaitu ketahanan terhadap penurunan kualitas yang disebabkan oleh siklus beku-cair. Menurut SNI 03-2847-2002, agregat dapat dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus.

.

2.2.2. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar ialah batu pecah yang berasal dari industry penghancur dengan ukuran partikel antara 5mm-40mm yang merupakan hasil akhir dari pemecahan alami batuan atau kerikil. Agregat kasar ini harus mengikat dengan baik dan bebas dari bahan organik. Menurut PBI-1971, spesifikasi umum agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton yaitu sebagai berikut :

a. Agregat kasar yaitu kerikil yang dihasilkan dari batuan alam, atau batu pecah yang dihasilkan oleh alat penghancur batu.
b. Agregat ini tidak mempunyai pori-pori serta terdiri dari butiran-butiran keras. Butiran agregat ini bersifat kekal, artinya tidak dapat rusak atau pecah dikarenakan cuaca, seperti hujan dan panas matahari.
c. Jumlah lumpur dalam agregat kasar dibatasi tidak boleh melebihi dari 1% dari berat kering.
d. Bahan kimia reaktif alkali dan bahan lainnya yang menurunkan kualitas beton tidak boleh terkandung dalam agregat kasar.

Tabel 2.1. Sufat-sifat Agregat Kasar

Sifat-sifat	Metoda Pengujian	Ketentuan
Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Tidak melampui 40% untuk 500 putaran
Berat isi lepas	SNI 03-4804-1998	Minimum 1.200 kg/m^3
Berat Jenis	SNI 1970:2016	Minimum 2,1
Penyerapan oleh Air	SNI 1970:2016	Air cooled blast furnace slag; maks. 6%
		Lainnya: 2,5%
Bentuk partikel pipih dan lonjong dengan rasio 3 : 1	ASTM D4791-10	Maksimum 25%
Bidang Pecah, tertahan ayaakn No.4	SNI 7619:2012	Minimum 95/90

(Sumber : Spesifikasi Umum 2018 Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan)

2.2.3. Agregat Halus

Agregat halus menurut Menurut SNI 03-6820-2002;171 ialah agregat berbentuk pasir alam (*natural sand*) yang dihasilkan dari pemecahan batu secara alami. Selain itu ada juga pasir buatan (*artificial sand*) yang terbuat dari peralatan/mesin dan dapat digunakan sebagai agregat halus.

pemecahan batu dalam ukuran kecil berkisar 0,15 mm – 5 mm. Agregat halus tidak boleh tercampur dengan bahan organik, tanah liat dan partikel-partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200 dan bahan-bahan lainnya yang dapat mengakibatkan turunnya kualitas beton .

Agregat halus merupakan salah satu bahan alamai yang digunakan yaitu untuk bahan pengisi pada beton yang berukuran lebih kecil dari 5mm atau yangberhasil lolos saringan nomor 4 dan tetap pada Saringan nomor 200. Agregathalus terbentuk oleh disintegrasi alami dari batuan alam atau dari pasir buatan manusia yang dihasilkan oleh *stone crusher*.

Terdapat tiga jenis pasir diantaranya:

- Pasir sungai yang didapatkan dari sungai
- Pasir galian yang didapatkan dari permukaan
- Pasir laut yang didapatkan dari pinggir pantai

Sesuai dengan spesifikasi, agregat halus yang akan digunakan dalam bahan konstruksi harus memenuhi persyaratan yaitu:

- Ukuran butiran pasir harus berkisar antara 0,15 mm sampai 5 mm;
- Agregat halus terdiri dari butiran yang keras dan tajam yang tahan terhadap panas maupun hujan;
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur melebihi 5% (dalam kondisikering);
- Agregat halus yang mengandung lumpur lebih dari 5% harus dicuci
- Agregat halus tidak diperbolehkan terdapat bahan organik, minyak dan zat lainnya.

Agregat yang akan dipakai dalam adukan beton harus memenuhi persyaratan yang ditentukan olehASTM dengan batas ukuran agregat halus yang ditunjukan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Gradasi Saringan Agregat Halus

Diameter Saringan	Persen Lolos
9,5 mm	100
4,75 mm	95 – 100
2,36 mm	80 – 10 0
1,18 mm	50 – 85
0,6 mm	25 – 60
0,3 mm	5 – 30
0,15 mm	0 – 10

(Sumber : ASTM C 33/03)

2.2.4. Portland Cement

Portland cement yaitu campuran kimia yang aktif setelah bersentuhan dengan air. Meskipun agregat tidak berperan penting dalam proses kimia, agregat berfungsi sebagai pengisi mineral untuk mencegah perubahan volume beton setelah pencampuran selesai dan meningkatkan daya tahan beton yang dihasilkan (Mulyono, 2014).

Fungsi utama *portland cement* adalah untuk mengikat partikel agregatmenjadi massa padat. Disisi lain, untuk mengisi celah antar partikel agregat. Meskipun *portland cement* hanya mengisi 10% dari volum keseluruhan beton, perlu diteliti dandikendalikan secara ilmiah karena merupakan bahan aktif (Tjokrodimuljo, 1996). *Portland Cement* dibagi menjadi 5 jenis antara lain :

Tipe I : Ordinary Portland Cement (OPC), semen yang digunakan untuk penggunaan umum, tidak diperlukannya persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).

Tipe II : Moderate Sulphate Cement, semen yang digunakan untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Tipe III : High Early Strength Cement, semen yang digunakan untuk beton dengan kekuatan awal yang tinggi (cepat mengeras)

Tipe IV : Low Heat of Hydration Cement, semen yang digunakan untuk beton yang memiliki panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah

Semen memiliki macam senyawa kimia aktif seperti kapur, silika, oksida besi dan alumina, senyawa tersebut akan bereaksi dengan air dan membentuk pasta yang akan mengeras setelah beberapa saat. Berikut senyawa penyusun *portland cement* ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.1. Senyawa penyusun *portland cement*

Bahan Penyusun	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 - 65
Silika (SiO2)	20 -25
Oksida Besi (Fe2O3)	7 – 12
Alumina	7 - 12

Sumber: Mulyono (2004)

2.2.5. Air

Air dalam campuran beton berperan untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Ketebalan campuran tergantung pada jumlah air yang terkandung dalam beton segar. Kadar air dalam beton segar harus sesuai dengan desain campuran dan kondisi lokasi dalam proses pembuatan beton.Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan beton mengalir dan kadar air yang rendah dapat menyebabkan campuran beton kehilangan daya rekatnya.Karena pengerasan beton didasarkan pada reaksi antara semen dan air, maka sangat perlu untuk memeriksa apakah air yang digunakan memenuhi persyaratan tertentu. Tidak ada keraguan bahwa air tawar yang dapat diminum dapat diterima. Air minum tidak selalu tersedia dan jika tidak tersedia dalam jumlah yang banyak,disarankan untuk mengamati air disekitar apakah air tersebut mengandung bahan- bahan yang dapat merusak beton atau tidak. Untuk campuran beton, maka air yang digunakan harus memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu, terutama adanya batasan terhadap (Subakti,1994):

a. Air yang dipergunakan untuk pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, zat organic atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun baja tulangan.
b. Tidak boleh mengandung klorida (Cl)>500 mg per liter air.
c. Air tawar yang tidak dapat diminum tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan menggangu proses pengerasan atau menurunkan kualitas beton yang dihasilkan. Kotoran secara umum bisa menyebabkan:

- Gangguan pada hidrasi dan pengikatan ;
- Gangguan pada ketahanan ;
- Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan ;
- Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton ;
- Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.2.6. Bahan Tambah

Suatu bahan tambah pada umumnya dimasukkan ke dalam campuran beton dengan jumlah sedikit, sehingga tingkat kontrolnya harus lebih besar daripada

pekerjaan beton biasa. Oleh karena itu, kontrol terhadap bahan tambah perlu dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa pemberian bahan tambah pada beton tidak menimbulkan efek samping seperti kenaikan penyusutan kering, pengurangan elastisitas (Murdock & Brook, 1999). Bahan tambah yang digunakan dalam pembuatan beton dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah bersifat kimiawi (chemical admixture) dan bahan tambah bersifat mineral (additive). Pada penelitian ini dalam proses pembuatan beton menggunakan 2 bahan tambah yaitu abu batu dan bahan kimia *retarder.*

2.2.7. Abu Batu

Abu batu merupakan hasildari proses pemecahan batu pada industri batu pecah dengan menggunakan *stonecrusher* menghasilkan berupa butiran halus sehingga tergolong limbah batuan yangdapat digunakan untuk kombinasi pada campuran beton. Abu batu mempunyai kriteria lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 mm sehingga abu batu menjadi limbah yang berguna sebagai bahan substitusi agregat halus atau pasir. Kelebihan abu batu memiliki tekstur yang tajam sehingga dapat membuat ikatan yang cukup kuat karena abu batu berasal dari proses pemecahan batu.

2.2.8. Retarder

Retarder adalah bahan tambah yang dapat memperlambat waktu ikat beton. Jenis bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi jumlah air pengaduk yang diperlukan pada beton tetapi tetap memperoleh adukan dengan konsistensi tertentu sekaligus memperlambat proses pengikatan awal dan pengerasan beton.

2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton

2.3.1 Workability

Workability didefinisikan sebagai kemudahan dalam pengerjaan beton untuk dicampur, dicor dan diangkut serta didapatkan tanpa mengurangi homogenitas beton dan beton tak terurai (Joni, 2017).

Workability dipengaruhi oleh proporsi bahan penyusun serta karakteristik material atau yang biasa disebut konsistensi beton. Sedangkan konsistensi beton tersebut dipengaruhi oleh kemampuan pengerjaannya dan tergantung pada :

- Sifat – sifat material beton, misalnya permukaan agregat, bentuk agregat, dan lain sebagainya;

- Diameter maksimum agregat kasar;
- Proporsi bahan campuran yang dipakai;
- Temperatur beton;
- Jenis konstruksi yang dibangun.

2.3.2 Durability

Durability sama pentingnya dengan *workability*, namun *durability* ini sangat sukar untuk dinilai karena memerlukan waktu penyidikan yang cukup lama. Pengujian *durability* dalam waktu cepat akan membuat hasil yang tidak dapat diandalkan dan menghalangi pengukuran *durability* bangunan beton. Pada dasarnya ada tiga ketahanan yang harus dimiliki beton, yaitu :

1. *Weathering resistance* yaitu ketahanan terhadap keadaan cuaca;
2. *Resistanceto chemical deterioration* yaitu ketahanan terhadapefek bahan kimia berupa bahan kimia maupun lingkungan agresif;
3. *Resistance to erosion* yaitu ketahanan terhadap erosi akibat gesekan atau tumbukan bahan – bahan dari luar.

2.3.3. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah beban terbesar per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan spesifik.

Menurut SNI 1974-2011 nilai kuat tekan didapatkan dengan melakukan pengujian menggunakan mesin uji tekan. Rumus kuat tekan beton dari hasil pengujian di laboratorium dengan sampel beton menggunakan Persamaan 2.1 berikut ini.:

$$fc' = \frac{P \times 100}{A} \quad \text{.....(2.1)}$$

keterangan :

$f'c$: kuat tekan beton (Mpa),

P : beban tekan (N), dan

A : Luas penampang benda uji (mm^2).

Menurut (Dipohusodo, Istimawan, 1994), nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya ditentukan waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran dilakukan. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dan pada umur 14 hari mencapai 85% sampai 90% dari kuat tekan beton umur 28 hari. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah direncanakan campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekat yang lebih dari kuat tekan yang disyaratkan.

2.3.4. Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 03-4154-1996 (BSN, 1996) kuat lentur merupakan momenlentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji yang menghasilkan nilai tegangan tarik. Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan dengan pembebanan dua titik pada tengah bentang benda uji. Pengujian kuat lentur dalam penelitian ini dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

2.4. Penelitian Terdahulu

Untuk menunjang proses penyelesaian Tugas Akhir, ada beberapa penelitian sebelumnya yang dapat dipahami dan berguna untuk bahan informasi maupun sebagai bahan acuan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.. Penelitian mengenai beton menggunakan abu batu telah dilakukan oleh beberapa orang sebelumnya. Perbandingan dengan studi terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5:

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian

NO	NAMA	JUDUL	VARIABEL	HASIL
1	Didik Kurnyawan (2014)	Pengaruh Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Untuk Pembuat Beton	Mengetahui kuat tekan dengan mengurangi jumlah pasir yang digunakan dalam komposisi beton dengan penambahan abu batu	Untuk 0% abu batu menghasilkan Fcr = 18,14 MPa; Untuk 20% abu batu didapat menghasilkan Fcr = 19,44 MPa; Untuk 40% abu batu didapat menghasilkan Fcr = 18,14 MPa; Untuk 60% abu batu didapat menghasilkan Fcr = 17,03 MPa; Untuk 80% abu batu didapat menghasilkan Fcr = 15,94 MPa; Untuk 100% abu batu didapat menghasilkan Fcr = 15,01 MPa

2	Jordy Harjono (2017)	Pengaruh Abu Batu sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton	Mengetahui nilai modulus elastisitas, kuat tekan, kuat tarik belah dan daya serap air dengan menggunakan varian abu batu.	Variasi 0% 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% didapatkan modulus elastisitas berturut-turut adalah 18340,401 MPa, 20467,862 MPa, 23942,147 MPa,16530,589 MPa, 13550,579 MPa dan 15021,273 MPa. Nilai kuat tekan berturut-turut adalah 23,12 MPa, 23,51MPa, 25,38 MPa, 21,37 MPa,19,50 MPa, dan 19,05 MPa.Nilai kuat tarik belah berturut- turut adalah 9,98 MPa, 11,08MPa, 10,82 MPa, 10,78 MPa 8,81 MPa dan 8,08 MPa.
3	Abdullah Afif (2018)	Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi	Mengetahui pengaruh digantinya sebagian agregat halus dengan menggunakan abu batu agar didapat kuat tekan dan kuat tarikbeton serta penambahan bahantambah *superplasticizer*	Nilai kuat tekan pada pengujian ini dengan variasi 20%, 25%,30%, 35% dan 40% berturut- turut didapatkan 43,34 Mpa, 45,44 MPa, 44,48 Mpa, 43,97Mpa, 40,73 Mpa, dan 38,46 Mpa. Pada nilai kuat tarik belah beton didapatkan berturut-turut sebesar2,93 Mpa, 3,21, Mpa, 2,90 Mpa, 2,80 Mpa, 2,65 Mpa, dan 2,52 Mpa.

Tabel 2.2. Rencana Penelitian

NO	NAMA	JUDUL	VARIABEL	HASILYANG DIHARAPKAN
1	Moh Izzuddin A dan Muhammad Choirul R (2023)	Analisa Beton Fast Track (*FAST TRACK*) 45 Dengan Penambahan Abu batu Sebagai Material Substitusi Pasir	Mengetahui Job mix Formula terbaik dan keawertan (durabilitas)dari pencampuran beton *Fast Track* 45 dengan abu batu sebagai substitusi pasir.	Mendapatkan nilai hasil kuat tekan dan kuat lentur beton Fast Track 45 dari pencampuran dengan abu batu sebagai substitusi pasir sesuai yang diharapkan

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh sejumlah peneliti memiliki hasil yang bervariasi. Peneliti Didik Kurnyawan mahasiswa jurusan Teknik Sipil Universitas Jember pernah melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Untuk Pembuat Beton" pada tahun 2014. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kuat tekan dengan cara menurunkan kuantitas pasir yang digunakan dalam campuran beton dan ditambah dengan abu batu. Abu batu digunakan memiliki presentase yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari keseluruhan pasir yang dipergunakan.

Menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm, masing-masing berjumlah 10 benda uji dengan menghasilkan mutu beton f'c 20 MPa. Menurut hasil penelitian yang sudah dilaksanakan diperoleh bahwa kekuatan tekan menurun dengan meningkatnya jumlah abu batu dalam kombinasi rasio 20%untuk setiap kenaikan rasio campuran abu batu terhadap berat pasir. 0% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 18,14 MPa; kemudian 20% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 19,44 MPa; selanjutnya 40% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 18,14 MPa; dan 60% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 17,03 MPa; kemudian 80% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 15,94 MPa; 100% abu batu mendapatkan hasil Fcr = 15,01 MPa. Kesimpulan yang diperoleh ialah dengan penggunaan abu batu lebih dari 20% tidak mencapai kuat tekan yang disyaratkan dikarenakan pennggunaan 20% abu batu, hanya mencapai kuat tekan sebesar 19,44 MPa.

Peneliti Jordy Harjono Mahasiswa jurusan Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Abu Batu sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton" pada tahun 2017. Penelitian Penelitian ini menggunakan konsentrasi abu batu yang berbeda yaitu (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%) sebagai pengganti agregat halus dan viscocrete-1003 sebagai bahan tambahan beton yang memiliki tujuan untuk menghitung nilai kuat tekan beton, kuat tarik belah, modulus elastomer, dan penyerapan air.

Benda uji yang dibuat pada penelitian ini yaitu 6 buah silinder berdiameter 15 cm x 30 cm, serta 3 buah silinder berdiameter 7 cm x 14 cm dimasing-masing variasi dengan jumlah keseluruhan 54 benda uji. Mutu beton yang ditetapkan sebesar 20 Mpa. Benda uji yang telah dibuat kemudian diuji guna memperoleh nilai modulus elastisitas beton, kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan

penyerapan air pada beton. Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan mendapatkan hasil nilai modulus elastisitas dengan variasi 0%-100% berturut- turut adalah 18340,40 MPa, 20467,86 MPa, 23942,15 MPa, 16530,59 Mpa 13550,58 MPa dan 15021,27 MPa. Sedangkan untuk nilai kuat tekan ialah 23,12 MPa, 23,61 MPa, 25,39 MPa, 21,38 MPa, 19,51 MPa, dan 19,07 MPa. Kemudian untuk nilai kuat tarik belahnya ialah 9,88 MPa, 11,09 MPa, 10,83 MPa, 10,78 9MPa, 8,82 MPa dan 8,08 MPa.

Peneliti Abdullah Afif mahasiswa jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dengan judul "Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi" pada tahun 2019. Penelitian memiliki tujuan yaitu memperoleh nilai kuat tekan dan kuat tarik beton dengan penambahan variasi 20%, 25%, 30%, 35% dan 40% sebagai pengganti agregat halus serta menggunakan bahan tambahan viscocrete 3115N.

Mutu beton yang ditargetkan yaitu sebesar 45MPa dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm berjumlah 5 buah. Untuk masing-masing variasi dilaksanakan uji slump test penyerapan air beton, berat volume, kuat tekan dan kuat tarik. Dari hasil pengujian slump test diperoleh hasil sebesar 4,5 cm, 4,3 cm, 4,1 cm, 4 cm, 3,8 cm, dan 3,6 cm. Karena beton dengan daya serap air rendah menghasilkan kerapatan beton yang tinggi, maka berat satuan dan daya serap air saling berhubungan. Berdasarkan temuan tersebut diketahui bahwa berat jenis beton berkurang dengan bertambahnya jumlah abu batu karena berat jenis abu batu lebih rendah dari berat agregta halus.

Dari penelitian ini diperoleh hasil kuat tekan dengan variasi 20%-40% berurutan yaitu 43,33 Mpa, 45,45 MPa, 44,49 Mpa, 43,88 Mpa, 40,69 Mpa, dan 38,66 Mpa. Sedangkan untuk nilai kuat tarik diperoleh hasil berurutan yaitu 2,93 Mpa, 3,22 Mpa, 2,91 Mpa, 2,91 Mpa, 2,56 Mpa, dan 2,41 Mpa. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa setiap penambahan 0% sampaidengan 25% terjadi kenaikan serta setiap penambahan 30% sampai dengan 40% terjadi penurunan kekuatan beton.

2.5. Keaslian Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan saat ini berbeda dengan penelitian yangsebelumnya, penelitian saat ini dilakukan menggunakan limbah abu batu. Varian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dengan persentasi campuran 0%,50%, 100%. disubtitusi dengan agregat halus dan mutu beton yang digunakan sebesar 45 Mpa serta bahan tambah retarder Sikamet VZ (type D) sebanyak 0,2% dari berat semen. Penelitian ini dilakukan dengan 2 benda uji yaitu benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan bedan uji balok ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm dengan total sebanyak 18 buah benda uji. Sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan prosentase abu batu dengan varian 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% disubstitusikan dengan agregat halus dan mutu beton yang digunakan sebesar 45 Mpa serta bahan tambah *superplasticizer* jenis *viscocrete 3115N* sebanyak 0,6% dari berat semen.. Selain itu penelitian yang akan dilakukan dengan uji tekan dan uji lentur dengan umur rencana beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratoris. Metode penelitian ini suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan, dan dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi suatu masalah. Penelitian eksperimen memiliki eksperimen psikologis dimana observasi yang objektif terhadap fenomena yang dibuat agar terjadi dalam posisi yang dikontrol ketat, dimana satu atau lebih faktor divariasikandan faktor lain dibuat konstan.

Selain itu juga hubungan sebab akibat, penelitian eksperimen meneliti hubungan kausal antara variabel bebas dan variabel terikat. Mengetahui hubungan sebab akibat dalam penelitian eksperimental merupakan syarat mutlak, dan yang terakhir memanipulasi, artinya peneliti memberikan sesuatu kepada subjek penelitian. Sesuatu yang disebut sebagai variabel bebas. Variabel bebas karena peneliti punya kebebasan untuk mengubah atau memvariasikan variabel tersebut. Pemberian variabel bebas ini dimaksudkan untuk dilihat pengaruhnya kepada sesuatu yang akan terjadi pada subjek. Penelitian yang dilakukan bertempat di Laboratorium Mekanika Bahan Fakultas Teknik Unissula. Penelitian ini dilakukan dengan 2 benda uji yaitu benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan bedanuji balok ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm dengan total sebanyak 18 buah benda uji. Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah:

1. Mempersiapkan peralat tulis, skema kerja yang akan dijalankan dan juga *logbook* untuk pencatatan rutin data yang diperoleh selama kegiatan penelitian;
2. Mempersiapkan semua peralatan-peralatan yang akan digunakan dan membersihkan segala kotoran sebelum digunakan;
3. Mempersiapkan semua bahan yang akan digunakan dan menakarnya sesuai kebutuhan;

4. Memastikan ruang cetakan yang akan diisi beton sudah terbebas dari kotoran.
5. Memastikan timbangan digital yang akan digunakan sudah sesuai ketelitian 1gram;
6. Memastikan semua peralatan apakah sudah sesuai *standard* dan dalam kondisidapat digunakan.

3.2. Bahan

Bahan – bahan yang dipakai pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. *Portland Cement*

   Portland Cement menggunakan semen Gresik dengan netto 50 kg.
2. Agregat Halus

   Menggunakan pasir alam yang berasal dari Merapi.
3. Agregat Kasar

   Agregat kasar yang digunakan mempunyai ukuran yaitu ukuran maksimum size1 ½ mm dan 3/4 mm.
4. Air

   Air yang digunakan adalah air di Laboratorium Fakultas Teknik UniversitasIslam Sultan Agung.
5. Zat Adiktif

   Zat adiktif yang digunakan adalah *retarder type D.*
6. Abu batu

   Abu batu yang digunakan adalah Abu batu Gringsing.
7. Fly Ash

   Fly Ash yang digunakan dari bekas pembakaran batu bara PLTU Jepara.

3.3. Peralatan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk mengukur berat dari agregat dan beton.
2. Ayakan

   Ayakan yang digunakan adalah ayakan agregat dengan variasi ukuran lubang

saringan 4,80 mm; 1,20 mm; 0,6 mm; 0,3 mm dan 0,015 mm dengan dilengkapi tutup ayakan dan digetarkan dengan mesin penggetar saringan.

3. Gelas Ukur

   Gelas ukur dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur jumlah air dan zat adiktif yang diperlukan dalam pembuatan beton silinder dan beton balok.

4. Cetak Beton Balok

   Cetakan Beton Balok digunakan sebagai wadah cetak setelah adukan beton segar jadi.

5. Cetakan Beton Silinder

   Cetakan Beton Silinder digunakan sebagai wadah cetak setelahadukan beton segar jadi.

6. Mesin Uji Tekan

   Mesin Uji Tekan digunakan sebagai alat untuk menentukan nilai tekan pada beton yang diuji.

7. Alat Pendukung

   Beberapa alat pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah ember, sekop, cetok, selang air, dan lain lain.

Tabel 3.1 Komposisi Normal Pasir 100%

No	MATERIAL	SUMBER BAHAN		BERAT SSD		PERSENTASE
				1	*m³*	
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	*Kg*	berdiri sendiri di luar 100% komposisi
2	Pasir Alam	ex Merapi		751,0	*Kg*	*36,4%*
3	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa	34%	401,8	*Kg*	57,1 %
4	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)	Tengah	66%	776,6	*Kg*	
5	Air	Sumur Lokal		135,2	*Kg*	*6,5%*
6	Additif Retarder	Additon (Type D)	0,20%	0,9	*Kg*	*0,2% dari semen (425 kg)*
	(on plant)	Density =	Kg/ Lt	-	*Liter*	
7	Density			2.491	*kg/m³*	
8	Slump			3,8 - 7,5	*cm*	

Pada komposisi yang pertama ini menggunakan perbandingan fly ash sebanyak10% dari berat semen dan zat additif 0,2% dari berat semen

Tabel 3.2. Komposisi Fly Ash 10% dan Abu Batu 50%

No	MATERIAL	SUMBER BAHAN		BERAT SSD		PERSENTASE
				1	*m³*	
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	*Kg*	berdiri sendiri di luar 100% komposisi
2	Pasir Alam	ex Merapi		131	*Kg*	*15,4%*
3	Fly Ash	PLTU Jepara		64	*Kg*	*10% dari semen*
4	Abu batu	Ex. Gringsing		131	*kg*	*7,7%*
5	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	401,8	*Kg*	69 %
6	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		66%	776,6	*Kg*	
7	Air	Sumur Lokal		135,2	*Kg*	*7,9%*
8	Additif Retarder	Additon (Type D) 0,20%		0,9	*Kg*	*0,2% dari semen (425 kg)*
	(on plant)	Density = - Kg/ Lt		-	*Liter*	
9	Density			2.120	*kg/m³*	
10	Slump			3,8 - 7,5	*cm*	

Pada komposisi yang kedua ini menggunakan perbandingan fly ash sebanyak 15% dari berat semen dan zat additif 0,2% dari berat semen. Abu batu yang digunakan sebanyak 50% dari pasir.

Tabel 3.3. Komposisi Fly Ash 15% dan Abu Batu 100%

No	MATERIAL	SUMBER BAHAN		BERAT SSD		PERSENTASE
				1	*m³*	
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	*Kg*	berdiri sendiri di luar 100% komposisi
2	Fly Ash	PLTU Jepara		85	*Kg*	*15% dari semen*
3	Abu batu	Ex. Gringsing		300,4	*kg*	*18,6%*
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	401,8	*Kg*	73 %
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		66%	776,6	*Kg*	
6	Air	Sumur Lokal		135,2	*Kg*	*8,4%*
7	Additif Retarder	Additon (Type D) 0,20%		0,9	*Kg*	*0,2% dari semen (425 kg)*
	(on plant)	Density = - Kg/ Lt		-	*Liter*	
8	Density			2.142	*kg/m³*	
9	Slump			3,8 - 7,5	*cm*	

Pada komposisi yang ketiga ini menggunakan perbandingan fly ash sebanyak 20% dari berat semen dan zat additif 0,2% dari berat semen.

3.4. Pengujian Material Individu

Sebelum dilakukannya pembuatan benda uji dalam penelitian ini perlu dilakukan pengujian pada material yaitu pengujian agregat. Berikut tahapan pengujian agregat adalah seperti berikut.

1. Agregat Halus dan Abu Batu

   Pada penelitian ini, pengujian agregat halus dan abu batu dilakukan dengan metode pengujian yang sama karena abu batu pada penelitian ini sebagai substitusi dari agregat halus. Pengujian agregat dan abu batu terdiri dari beberapa pengujian yaitu meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, dan analisa saringan Tiga jenis pemeriksaan untuk agregat halus, sebagai berikut :

   a. Kadar Lumpur
   b. Kadar Air
   c. Analisa Saringan

2. Agregat Kasar

   Pengujian agregat kasar terdiri dari tiga pemeriksaan yaitu :

   a. Kadar Lumpur
   b. Kadar Air
   c. Analisa Saringan

3.5. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini, kami membuat beton dengan limbah Abu batu untuk mengganti substitusi pasir dengan komposisi yang berbeda sebagai perbandingan untuk mencapai nilai kuat tekan beton *fast track* 45. Tahapan dalam pembuatan beton setelah dilakukan pengujian (Uji tekan dan Uji lentur). Dalam penelitian ini digunakan metode yang umum dipakai di Indonesia untuk perancangan campuran beton normal.

Dalam penyusunan komposisi – komposisi bahan untuk *mix design* selanjutnya, komposisi *mix design* lebih disederhanakan dengan menentukan mana variable yang tetap dan mana variabel yang berubah.

a. Variabel – variabel tetap
    1) Pasir.
    2) Agregat.
    3) Semen.
    4) Abu Batu
b. Variabel – variabel berubah
    1) Prosentase nilai *fast track* pada pembukaan beton umur 4, 7, dan 28 hari.
    2) Dengan adanya beberapa variasi dalam komponen mix design dan komposisi material yang berubah-ubah mengakibatkan besarnya penggunaan air untuk mencapai tingkat flowabilitas berbeda-beda.

Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm sebanyak 9 benda uji setiap perlakuan dan berbentuk balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 9 benda uji. Tahap pembuatannya adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji.
b. Menyiapkan bahan, dengan ketentuan masing–masing sesuai ukuran yang ditentukan.
c. Memasukkan agregat kemudian ditambah air kedalam mesin pengaduk, aduk sampai merata
d. Memasukkan semen ditambah air kedalam mesin pengaduk, lalu aduk sampai merata.
e. Kemudian masukkan pasir ditambah dengan sisa air yang masih ada.
f. Berikutnya, masukkan *retarder type D*. Minimal waktu pengadukan setelah ditambahkan *retarder type D* adalah 3 menit. Apabila pada saat pemberian *retarder type D* adonan belum mengalami keenceran maka dosis *retarder type D* ditambah hingga mengalami keenceran.
g. Pengadukan dilakukan sampai adukan merata/tercampur, untuk menghindari terjadinya segregasi.
h. Kemudian dilakukan *slump flow test* untuk mengukur kekentalan adukan semen.

i. Apabila adukan pada saat pengetesan untuk beton segar belum memenuhi persyaratan (kurang cair) maka penambahan dosis *retarder type D* yang telah ditentukan dilakukan, hingga pengujian beton segar memenuhi persyaratan yang direncakan.
j. Jika setelah dilakukannya penambahan dosis *retarder type D* pengujian beton segar belum memenuhi persyaratan (terlalu cair) maka pengurangan kadar air perlu dilakukan dalam perencanaan campuran *retarder type D.*
k. Mencetak benda uji dapat dilakukan setelah tes beton segar memenuhi persyaratan yang direncanakan.
l. Mendiamkan adukan dalam cetakan selama 24 jam, kemudian melepaskan dari cetakan.
m. Perawatan beton *Fast Track* 45 sama seperti beton normal, yaitu dengan cara merendambenda uji sampai sesuai umur yang ditentukan dilaksanakan uji kuat tekan. Perendaman ini dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton, yang tentunya dapat mempengaruhi kekuatan beton.

3.6. Uji Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan. Pengujian dilakukan pada umur 4, 7, dan 28 hari setelah pembuatan dan perawatan beton. Langkah pengujiannya sebagai berikut

a. Sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam.
b. Sebelum diuji, benda uji dijemur atau diangin-anginkan guna mengeringkan benda uji.
c. Benda uji ditimbangkan terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.
d. Letakkan benda uji kedalam media tekan dan atur hingga benda uji berada di tengah balok penekan, baik balok atas maupun balok bawah. pastikan angka penunjuk pada posisi nol.
e. Mulai pengujian dengan menerapkan beban tekan mulai dari nol hingga mencapaibeban maksimum (retak), kemudian catat hasilnya.

f. Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$fc' = \frac{P \times 100}{A} \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan :

f'c = Kuat tekan beton (kg/cm2)

P = Beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

A = Luas penampang tertekan benda uji (cm2)

3.7. Uji Kuat Lentur

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kuat Lentur Beton. Pengujian ini dilakukan pada umur 4, 7, dan 28 hari setelah pembuatan dan perawatan beton dengan Balok Uji Sederhana yang dibebani terpusat langsung ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan uji kuat lentur di laboratorium Tenik Unissula. Langkah pengujian nya sebagai berikut:

a. Sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam.
b. Sebelum diuji, benda uji dijemur atau diangin-anginkan guna mengeringkan benda uji.
c. Benda uji ditimbangkan terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.
d. Letakkan benda uji kedalam media lentur dan atur hingga benda balok uji diletakan simetris atas kedua blok tumpuan dengan kedua sisi samping bidang bekas cetakan sebagai bidang atas dan bidang bawah balok beban diletakan tepat di tengah-tengah antara kedua balok tumpuan pada posisi sejajar.
e. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
f. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebabnan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatana 8 kg/cm^2 – 10 kg/cm^2 tiap menit.
g. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga terjadi kejut.
h. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.

i. Ambil benda uji yang telah diuji dan catat hasil dari pengujian.

j. Kemudian melakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut ;

$$\sigma_1 : \frac{P.L}{b.h^2} \quad \text{.....(1)}$$

Rumus diatas untuk pengujian apabila bidang patah terletak didaerah pusat (1/3 jarak titik peretakan dibagian tengah),

$$\sigma_1 : \frac{P.a}{b.h^2} \quad \text{..... (2)}$$

Keterangan

σ_1 : Kuat lentur benda uji (MPa)

P : Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L : Jarak (bentang) antara dua garis perlatakan (mm)

b : Lebat tampang lintang patah arah horizontal (mm)

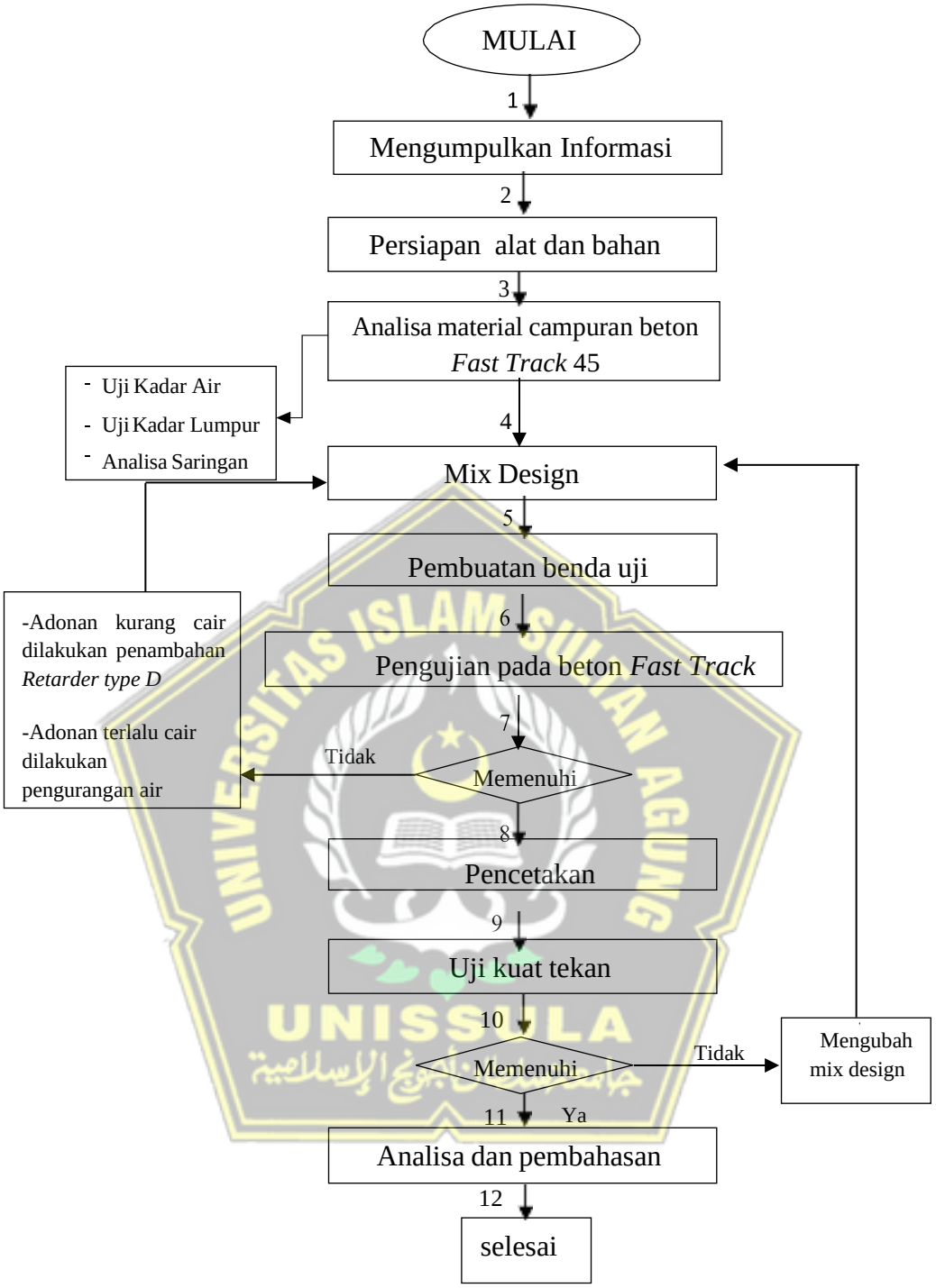
h : Lebar tampang lintang patah arah vertical (mm)

a : Jarak rata-rata amtar tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

Rumus diatas untuk pengujian apabila bidang patah terletak didaerah pusat (1/3 jarak titik peretakan dibagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titi patah kurang 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton.

3.8. Bagan Alir

Penelitian ini mempunyai tahap-tahap yang harus dilaksanakan, dengan berpedoman pada diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1. Bagan Alir Penelitian

3.9. Metode Analisis

Penelitian ini bersifat eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Unissula Semarang, bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton *Fast Track* (*Fast Track*) 45 dengan pengaruh *retarder type D* dengan kuat tekan rencana Fc'30 MPa. Alir pengujian dalam penelitian ini diawali dengan:

1. Menggali informasi

   Referensi mengenai penelitian serupa yang pernah dilakukan menjadi alternatif untuk dijadikan sebagai pedoman pada proses pengerjaan.

2. Persiapan alat dan Bahan

   Seperti yang sudah peneliti dijelaskan pada sub bab 3.2 dan 3.3 bahwa alat dan bahan harus dipersiapkan sebelum pembuatan benda uji. Material dilakukan uji kadar air, uji kadar lumpur, dan analisa saringan. Material terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, zat adiktif, dan abu batu. Peralatan yang digunakan terdiri dari timbangan, ayakan, gelas ukur, cetakan beton balok, cetakan beton silinder, mesin uji tekan, serta alat pendukung lainnya.

3. Analisa Material

   Analisa ini diperlukan guna memperoleh komposisi yang tepat untuk bahan material yang akan digunakan dan sesuai dengan pedoman. Analisa ini meliputi analisa agregat halus dan abu batu, serta analisa agregat kasar. Pengujiannya terdiri dari tiga pemeriksaan yaitu pemeriksaan kadar lumpur, kadar air, dan analisa saringan

4. Mix Design

   Mix desaign dilakukan setelah pengujian material memenuhi standar dan tahap ini juga sangat perlu diperhatikan melihat tahap Mix Desaign ini bertujuan untuk pemilihan bahan campuran yang tepat baik berdasar kualitas dan kuantitas bahan campuran yang dipilih. Disini peneliti menggunakan bahan campuran yaitu *retarder type D*.

5. Pembuatan benda uji

   Seperti yang sudah peneliti dijelaskan pada sub bab 3.5 bahwa tahap pembuatanbenda uji merujuk pada standar yang berlaku.

6. Pengujian beton *Fast Track* 45

   Pengujian ini dilakukan dengan uji slump flow test. Pengujian dilakukan dengan alat *Slump Cone* bertujuan untuk menguji *filling ability* dari beton *Fast Track* 45.

7. Hasil Uji

   Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 2.3 bahwa Diameter maksimum yang dicapai aliran beton dicatat (SF_{max}), 65 – 75 cm. Apabila adonan pada saat pengetesan untuk beton segar belum memenuhi persyaratan (kurang cair) maka penambahan dosis *retarder type D* yang telah ditentukan dilakukan, hingga pengujian beton segar memenuhi persyaratan. Jika hasil uji sudah memenuhi maka bisa dilanjutkan untuk tahap berikutnya.

8. Pencetakan

   Pencetakan dilakukan dengan benda uji cetakan silinder.

9. Uji kuat tekan

   Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 3.5 bahwa pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan pengaruh penambahan *retarder type D type* terhadap benda uji yang dibuat berdasarkan *mix design.*

10. Hasil Uji kuat tekan

    Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 1.5 batasan masalah bahwa Kuat tekan rencana beton *Fast Track* 45 minimal 300 kg/cm^2 (fc'30) maka jika sudah terpenuhi bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Apabila belum sesuai target yang penelititetapkan, maka perlu dilakukan lagi untuk trial mix design.

11. Analisa dan Pembahasan

    Dalam tahap ini, hasil pengujian meliputi kekuatan dan sifat dari hasil campuran zat aditif *retarder type D* akan dianalisis dimana keseluruhan cara pengujian dan proses telah peneliti jelaskan pada bab 3.

12. Selesai.

3.10. Tempat dan Rencana Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut :

1. Tempat Penelitian

   Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

2. Waktu Penelitian

   Penelitian ini dilaksanakan sesuai jadwal rencana pada Tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.4. Rencana Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Maret-23				April-23				Mei-23				Juni-23			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Menentukan Ide Penelitian																
2	Studi Literatur																
3	Penyusunan Proposal dan Ujian																
4	Perizinan Laboratorium																
5	Pengumpulan Data																
6	Pengolahan Data																
7	Penyusunan Laporan																
8	Laporan Selesai dan Ujian																

BAB IV
HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Pada bab ini akan dipaparkan berbagai hasil dari pemeriksaan dan pengujian yang sudah dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Dari beberapa pemeriksaan yang dilakukan dalam tahap uji bahan, maka diperoleh hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar. Pemeriksaan agregat terdiri dari pemeriksaan kadar air, analisa saringan dan kadar lumpur.

4.1.1. Agregat Halus

1. Pemeriksaan Kadar Air

   Data pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini

Tabel 4. 1. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum di oven (gram)	Berat cawan + agregat setelah di oven (gram)
I	45	545	540
II	45	545	540

Pemeriksaan kadar air dilakunan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat halus seberat 300 gram. Pemeriksaan kadar air dapat menggunakan rumus berikut:

Kadar air $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100% ..... (4.1)

Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ air\ I + kadar\ air\ II}{2}$ (%) ..... (4.2)

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini

Percobaan I =

- Berat cawan (a) = 45 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$

$= \frac{545-540}{540-45} \times 100\%$

$= 1\ \%$

Percobaan II =

- Berat cawan (a) = 45 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 g
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 g
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$

$= \frac{545-540}{540-45} \times 100\%$

$= 1\ \%$

Kadar air rata-rata =

- Kadar air I = 1 %
- Kadar air II = 1 %
- Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ air\ I + kadar\ air\ II}{2} (\%)$

$= \frac{1+1}{2} (\%)$

$= 1\ \%$

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini

Tabel 4. 2. Hasil **Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus**

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum di oven (gram)	Berat cawan + agregat setelah di oven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	45	545	540	1	1
II	45	545	540	1	

Dari hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus terjadi penurunan berat sample agregat halus pada percobaan satu dan dua sebesar 5 gram dengan nilai kadar air rata-rata sebesar 1 %.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 3. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (V1)	Volume Lumpur (V2)
I	500 ml	12 ml
II	500 ml	10 ml

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan percobaan I sebesar 270 ml dan percobaan II sebesar 290 ml. Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan rumus berikut:

Kadar lumpur $= \frac{V2}{V1+V2}$ x 100% .....(4.3)

Kadar lumpur rata-rata $= \frac{kadar\ lumpur\ I + kadar\ lumpur\ II}{2}$ (%). ..... (4.4)

Perhitungan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini

Percobaan I =

- V1 = 270 ml
- V2 = 12 ml
- Kadar lumpur $= \frac{V2}{V1+V2}$ x 100%

$= \frac{12}{500+012}$ x 100%

= 2,3 %

Percobaan II

- V1 = 500 ml
- V2 = 10 ml
- Kadar lumpur $= \frac{V2}{V1+V2}$ x 100%

  $= \frac{10}{500+10}$ x 100%

  = 1,9 %

`Kadar lumpur rata-rata

- Kadar lumpur I = 2,3%/
- Kadar Lumpur II = 1,9%
- Kadar lumpur rata-rata $= \frac{kadar\ lumpur\ I + kadar\ lumpur\ II}{2}$ (%)

  $= \frac{2{,}3\ \% + 1{,}9\%}{2}$ (%)

  = 2,1 %/

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (V1) ml	Volume Lumpur (V2) ml	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata (%)
I	500	12	2,3	2,1 %
II	500	10	1,9	

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan menujukan kadar lumpur agregat halus yang digunakan sebesar 2,3 ml dan 1,9 ml pada masing-masing percobaan.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan

Data pemeriksaan analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5. Data Penyaringan Agregat Halus

No	Ukuran Saringan (mm)	Berat cawan (g)	Berat cawan + agregat (g)	Berat agregat (g)
1	9,5	45	45	0
2	4,75	45	60	15
3	2,36	45	140	95
4	2	45	115	70
5	0,6	45	505	460
6	0,15	45	325	280
7	0,075	45	80	35
8	Pan	45	45	0
Jumlah				955

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakakn rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

Berat kehilangan $= \frac{a-b}{a}$ x 100% ..... (4.5)

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 gr

Berat agregat setelah disaring = 955 gr

Berat kehilangan $= \frac{a-b}{a}$ x 100%/

$= \frac{1000-950}{1000}$ x 100%/

= 4,5 %

a. Prosentase agregat tertinggal $= \frac{C}{\sum c} x\ 100\ \%$

1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 $= \frac{0}{955} x\ 100\ \%$ = 0 %
2. Tertahan komulatif ϕ 4,75 $= \frac{15}{955} x\ 100\ \%$ = 1,57 %
3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 $= \frac{95}{955} x\ 100\ \%$ = 9,95 %

   Tertahan komulatif ϕ 2 $= \frac{70}{955} x\ 100\ \%$ = 7,33 %
5. Tertahan komulatif ϕ 0,6 $= \frac{460}{955} x\ 100\ \%$ = 48, 17 %
6. Tertahan komulatif ϕ 0,15 $= \frac{280}{955} x\ 100\ \%$ = 29, 32 %
7. Tertahan komulatif ϕ 0,075 $= \frac{35}{955} x\ 100\ \%$ = 3, 66 %

b. Komulatif agregat tertinggal

1. Lolos saringan ϕ 9,5 = (0 + 0) % = 0 %
2. Lolos saringan ϕ 4,75 = (0 + 1,57) % = 1,57 %
3. Lolos saringan ϕ 2,36 = (1,57 + 9,95) % = 11,52 %
4. Lolos saringan ϕ 2 = (11,52 + 7,33) % = 18,85 %
5. Lolos saringan ϕ 0,6 = (18,85 + 48,17) % = 67,02 %
6. Lolos saringan ϕ 0,15 = (67,02 + 29,32) % = 96, 34 %
7. Lolos saringan ϕ 0,075 = (96,34 + 3,67) % = 100 %

c. Presentase Finer (f) = 100 % - komulatif agregat tertinggal

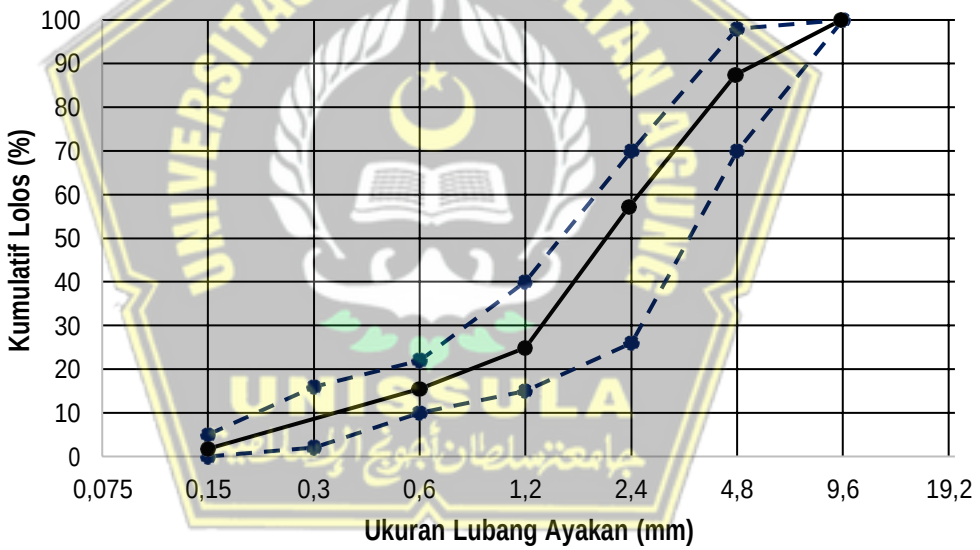
1. Saringan ϕ 9,5 = 100 % - 0 % = 100 %
2. Saringan ϕ 4,75 = 100 % - 1,57 % = 98,43 %
3. Saringan ϕ 2,36 = 100 % - 11,52 % = 88,48 %/
4. Saringan ϕ 2 = 100 % - 18,85 % = 81, 15 %
5. Saringan ϕ 0,6 = 100 % - 67,02 % = 32,98 %
6. Saringan ϕ 0,15 = 100 % - 96, 34 % = 3,66 %
7. Saringan ϕ 0,075 = 100 % - 100 % = 0 %

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat halus yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6. di bawah ini.

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Halus

No	Ukuran saringan (mm)	Berat agregat (g)	Prosentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	*Presentase finer* (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1	9,5	0	0	0	100	100	100
2	4,75	15	1,57	1,75	98,43	95	100
3	2,36	95	9,95	15,52	88,48	80	100
4	2	70	7,33	24,9	81,15	50	85
5	0,6	460	48,15	57,02	32,98	25	60
6	0,15	280	29,32	87,5	3,66	0	10
7	0,075	35	3,66	100	0	-	-
Jumlah		955	99,98	295,3	404,7	-	-

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat halus di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan grafik analisa saringan agregat halus di atas, agregat halus yang digunakanan sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang terlah ditentukan.

4.1.2. Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Kadar Air

   Data pemriksaan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawahini.

Tabel 4. 7. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + Agregat sebelum(gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gramn)
I	55	555	540
II	55	555	540

Pemeriksaan kadar air dilakunan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat kasar seberat 285 gram. Pemeriksaan kadar air dapat menggunakan rumus berikut:

Kadar air $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100% ..... (4.6)

Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ air\ I + kadar\ air\ II}{2}$ (%) ..... (4.7)

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini

Percobaan I =

- Berat cawan (a) = 55 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 555 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100%

  $= \frac{555-540}{540-55}$ x 100%

  = 3%

Percobaan II =

- Berat cawan (a) = 55 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 555 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$

$= \frac{555-540}{540-55} \times 100\%$

$= 3\ \%$

Kadar air rata-rata =

- Kadar air I = 3 %
- Kadar air II = 3 %
- Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ air\ I + kadar\ air\ II}{2} (\%)$

$= \frac{3+3}{2} (\%)$

$= 3\ \%$

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.8. di bawah ini

Tabel 4. 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	55	555	540	3	3 %
II	55	555	540	3	

Dari hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar tidak terjadi penurunan berat sample agregat kasar yang ditunjukan dengan nilai kadar air rata-rata sebesar 3%.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9. di bawah ini.

Tabel 4. 9. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dicuci (gram)	Berat cawan + agregat setelah dicuci (gram)
I	50	550	540
II	50	550	540

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan percobaan I sebesar 550 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci menjadi 540 gram dan percobaan II sebesar 550 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci menjadi 540 gram. Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan rumus berikut:

Kadar air $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100% ..... (4.8)

Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ lumpur\ I + kadar\ lumpur\ II}{2}$ (%) ..... (4.9)

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini

Percobaan I =

- Berat cawan (a) = 50 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 550 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a}$ x 100%

  $= \frac{550-540}{540-50}$ x 100%

  = 2 %

Percobaan II =

– Berat cawan (a) = 50 gr
– Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 550 gr
– Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr
– Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$

$= \frac{550-540}{540-50} \times 100\%$

= 2 %

Kadar air rata-rata =

– Kadar air I = 2 %
– Kadar air II = 2 %
– Kadar air rata-rata $= \frac{kadar\ air\ I + kadar\ air\ II}{2} (\%)$

$= \frac{2+2}{2} (\%)$

= 2 %

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4. 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	50	550	540	2	2 %
II	50	550	540	2	

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar terjadi penurunan berat sample agregat kasar yang ditunjukan dengan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 2 %.

3. Analisa Saringan

Data analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel di bawah ini

Tabel 4. 11. Data Penyaringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat (gram)	Berat agregat (gram)
25	45	55	10
19	45	375	330
12,5	45	450	405
Jumlah			745

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakakn rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

Berat kehilangan $= \frac{a-b}{a}$ x 100%. ..... (4.10)

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 g

Berat agregat setelah disaring = 745 g

Berat kehilangan $= \frac{a-b}{a}$ x 100%

$= \frac{1000-745}{1000}$ x 100%

= 25,5 %

a. Prosentase agregat tertinggal $= \frac{c}{\Sigma c} x\ 100\ \%$

1. Tertahan komulatif ϕ 25 $= \frac{10}{745} x\ 100\ \%$ = 1,34 %
2. Tertahan komulatif ϕ 19 $= \frac{330}{745} x\ 100\ \%$ = 44,30 %
3. Tertahan komulatif ϕ 12,5 $= \frac{405}{745} x\ 100\ \%$ = 54,36 %

b. Komulatif agregat tertinggal

1. Lolos saringan ϕ 25 = (0 + 1,34) % = 1,34 %
2. Lolos saringan ϕ 19 = (1,34 + 44,30) % = 45,64 %
3. Lolos saringan ϕ 12,5 = (45,64 + 54,36) % = 100 %

c. Presentase Finer (*f*)= 100 % - komulatif agregat tertinggal

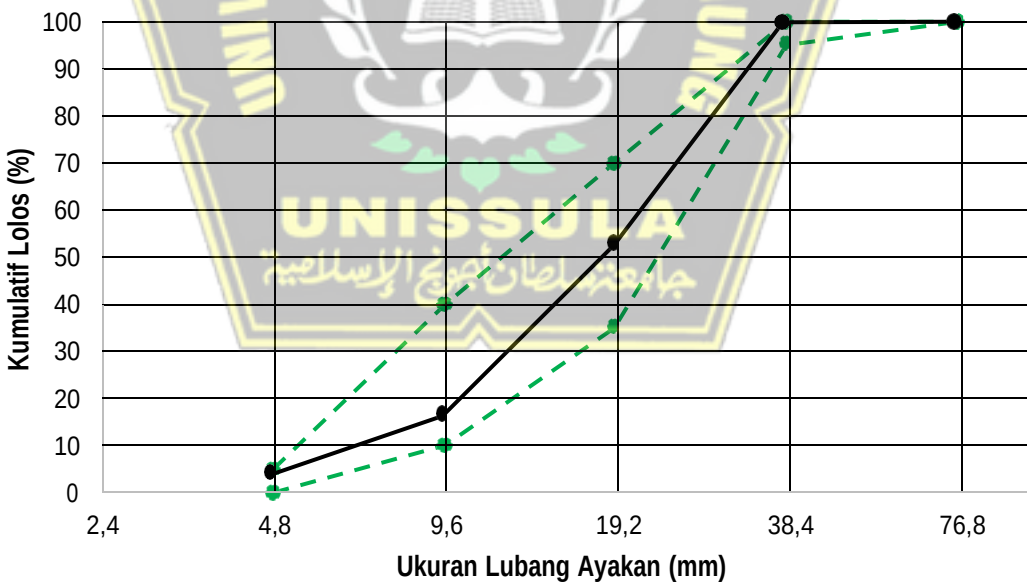
1. Saringan ϕ 25 = 100 % - 1,34 % = 98,66 %
2. Saringan ϕ 19 = 100 % - 45,30 % = 54,70 %
3. Saringan ϕ 12,5 = 100 % - 100 % = 0 %

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4. 12. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Kasar

No	Ukuran saringan (mm)	Berat agregat (g)	Prosentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	*Present finer* (%)	Spesifikasi Kadar Teknis (%)	
						Min	Max
1	25	10	1,34	1,34	98,66	90	100
2	19	330	44,30	45,30	54,7	20	55
3	12,5	405	54,36	100	0,	0	10
Jumlah		745	100	146,64,	153,36	-	-

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Berdasarkan grafik analisa saringan agregat kasar di atas, sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan.

4.2. Komposisi Material Beton

Pada penelitian ini peneliti menggunakan komposisi material campuran beton seperti yang ada pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran Beton Normal

Material	Jumlah per 1 m3
Semen (kg/m3)	425 kg
Air (kg/m3)	135,2 kg
Pasir (kg/m3)	751 kg
Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “) (kg/m3)	401,8
Batu Pecah 2-3 (max size 1 ½ “) (kg/m3)	776,6 kg

Tabel 4. 14. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m^3

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	425	21,2%
Air	135,2	6,8%
Agregat Halus	262,9	13%
Agregat Kasar	1.178,40	59%
Total	2001,5	100%

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton normal per 1 m^3 dengan presentase material semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan total 100%.

Sedangkan untuk perancangan campuran fly ash dan abu batu dengan tambahan *retarder type D* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 15. Komposisi Material Campuran Fly Ash 10% dan Abu Batu 50%

Material	Jumlah per m3
Semen (kg/m3)	425 kg
Retarder type D	0,9 kg
Air (kg/m3)	135,2 kg
Pasir (kg/m3)	262,9 kg
Fly Ash	43 kg
Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “) (kg/m3)	401,8 kg
Batu Pecah 2-3 (max size 1 ½ “) (kg/m3)	776,6 kg
Abu Batu	131,5 kg

Tabel 4. 16. Presentase Komposisi Campuran Fly Ash 10% dan Abu Batu 50% per 1 m^3 variasi 1 (satu)

Material	Jumlah per 1 m3(kg)	Jumlah per 1 m3(%)
Semen	425 kg	19,5%
Retarder Type D	0,9 kg	0,1%
Fly Ash	43 kg	2%
Air	135,2 kg	6,2%
Agregat Halus	262,9 kg	12,1%
Agregat Kasar	1.178,4 kg	54,1%
Abu Batu	131,5 kg	6%
Total	2.177 kg	100 %

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton variasi fly ash 10% dan abu batu 50% per 1 m^3 dengan presentase material semen, *retarder type D, fly ash*, air, agregat halus, agregat kasar, dan abu batu, dengan total 100%.

Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran Fly Ash 15% dan Abu Batu 100%

Material	Jumlah per m3
Semen (kg/m3)	425 kg
Retarder type D	0,9 kg
Air (kg/m3)	135,2 kg
Pasir (kg/m3)	262,9 kg
Fly Ash	43 kg
Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “) (kg/m3)	401,8 kg
Batu Pecah 2-3 (max size 1 ½ “) (kg/m3)	776,6 kg
Abu Batu	131,5 kg

Tabel 4. 18. Presentase Komposisi Campuran Fly Ash 15% dan Abu Batu 100% per 1 m^3 variasi 2 (dua)

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	425 kg	20,2%
Retarder Type D	0,9 kg	0,1%
Fly Ash	64 kg	3%
Air	135,2 kg	6,4%
Abu batu	300,4 kg	14,3%
Agregat Kasar	1.178,4 kg	56%
Total	2.104 kg	100%

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi beton variasi fly ash 15% dan abu batu 100% per 1 m^3 dengan presentase material semen, *retarder type D*, *fly ash*, air, agregat kasar, dan abu batu dengan total 100%. Agregat halus pada komposisi ini digantisepenuhnya dengan material abu batu.

Pada tabel diatas menunjukan presentase komposisi setiap variasi yang digunakan dalam campuran beton per 1 m^3. Pada perhitungan berat *Retarder type D* didapat dari hasil kali kadar zat aditif yang digunakan dengan berat semen per 1 m^3.

Tabel 4. 19. Komposisi Material Campuran dengan zat aditif per 0,02 m^3

No	Komposisi	*Retarder*	Semen (Kg)	*Retarder* (Ml)	Pasir (Kg)	Fly Ash (Kg)	Abu Batu (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (L)
1	Normal	-	9,4	-	15,2	-	-	23,5	3,2
2	Variasi 1	0,20%	8,5	18	10,5	0,86	5,25	24	5,7
3	Variasi 2	0,20%	8,5	18	-	1,28	12	24	5

Pada tabel diatas menunjukan presentase keseluruhan komposisi yang digunakan dalam campuran beton per 0,02 m^3. Jumlah kadar *retarder* dihitung dengan persamaan berikut :

$$\textit{Retarder} = \frac{\text{kadar } \textit{retarder}}{100} \text{ x Berat semen yang dipakai x 1000} \quad \text{.....(4.11)}$$

Dengan contoh perhitungan sebagai berikut, jika kadar *retarder* 0,2% maka

$$\textit{Retarder} = \frac{0,2}{100} \text{ x } 8,5 \text{ x } 1000$$

$$= 17 \text{ ml.}$$

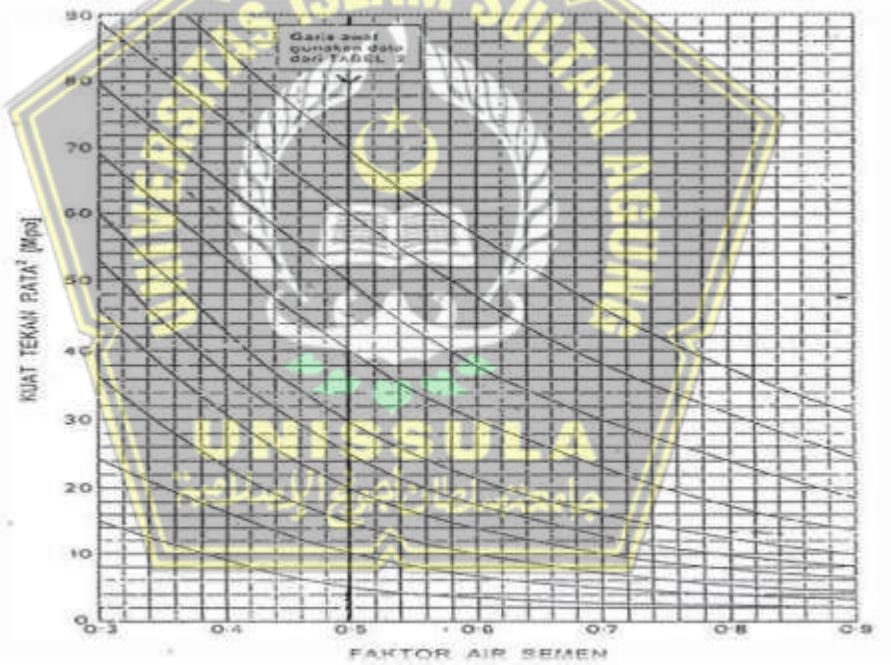
Penentuan tingkat kadar *retarder* yang peneliti gunakan mengacu pada beberapa jurnal penelitian sebelumnya yang dapat jadikan sebagai pustaka serta pedoman dalam penelitian. Penambahan variasi kadar *retarder* pada tabel 4.19. menjadi inovasi baru dalam dunia penelitian beton *fast track.*

Retarder type D merupakan salah satu jenis zat admixture yang juga memiliki fungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air dalam proses pencampuran beton sekaligus dapat memperlambat proses pengikatan beton. Dalam dunia kontruksi khususnya dalam penggunaan beton *ready mix* jarak dan waktu tempuh dari batching plan ke lokasi proyek sangat perlu diperhatikan. Semakin jauh jarak yang ditempuh maka akan dibutuhkan juga waktu yang lama untuk beton *ready mix* sampai di lokasi proyek. Batas *setting time* menjadi acuan dalam penentuan mutu yang dipakai untuk pemenuhan syarat beton tersebut masih layak atau sudah dalam kondisi yang kurang baik jika batas *setting time* sudah terlampaui. Hal ini menjadi latar belakang peneliti menambahkan bahan tambah Retarder sebagai inovasi baru dalam dunia beton *fast track* dengan tujuan *retarder* dapat memperlambat waktu ikat beton.

Pada beton konvensional atau beton normal faktor air semen (f.a.s) digunakan untuk memastikan kekuatan akhirnya namun berbeda dengan beton fast track nilai faktor air semen (f.a.s) sangat perlu diperhatikan karena nilai faktor air semen (f.a.s) ini menjadi acuan untuk proses pemadatan mandiri tanpa proses pemadatan dan faktor ini sangat berpengaruh terhadap sifat beton segarnya dan kualitaskontrol terdapat pada kekuatannya.

Semakin kecil nilai f.a.s maka akan menghasilkan mutu beton yang semakin baik. Meskipun secara bentuk lebih cair dari beton konvensional dan nilai slumpnya yang tinggi, beton fast track memiliki tingkat porositas yang lebih kecil hal ini dikarenakan penggunaan penambahan *zat admixture* yang dapat meningkatkan *workability* beton tanpa harus menambah nilai faktor air semen (f.a.s).

Hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan faktor air semen dapat dilihat pada grafik di bawah ini



Gambar 4. 3. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen (Sumber : SNI 03-2834-2000 hal. 6)

4.3. Mix Design Beton *Fast Track* 45

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan beton uji yang dibuat ada 3 macam dengan prosentase abu batu masing – masing 0%, 50%, dan 100% dihitung dari berat agregat halus. Sebagai acuan dan parameter digunakan beton normal dengan mutu K-300. Cetakan yang digunakan adalah silinder berukuran 150 mmx 300 mm dengan volume cetakan sebesar 0,0053 m3. Perbandingan bahan penyusun beton disajikan pada Tabel 4.20 berikut:

Tabel 4. 20. *Job Mixed Design*

No	Komposisi	*Retarder*	Semen (Kg)	*Retarder* (Ml)	Pasir (Kg)	Fly Ash (Kg)	Abu Batu (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (L)	F.A.S
1	Normal	-	9,4	-	15,2	-	-	23,5	3,2	0,32
2	Variasi 1	0,20%	8,5	18	10,5	0,86	5,25	24	5,7	0,57
3	Variasi 2	0,20%	8,5	18	-	1,28	12	24	5	0,5

Tabel 4.20. menunjukkan material yang digunakan saat pencampuran. faktor air semen (f.a.s) yang dipakai untuk tiap komposisi, hal ini sesuai dengan beberapa penelitian terdahulu.. Dengan pengaruh penambahan *retarder* hal ini membuat campuran beton sudah memiliki tingkat *workability* yang sudah ditetapkan pada saat uji *slump*.

4.4. Kuat Tekan Beton Normal

Data hasil pengujian kuat tekan beton normal dapat dilihat pada tabel di bawah :

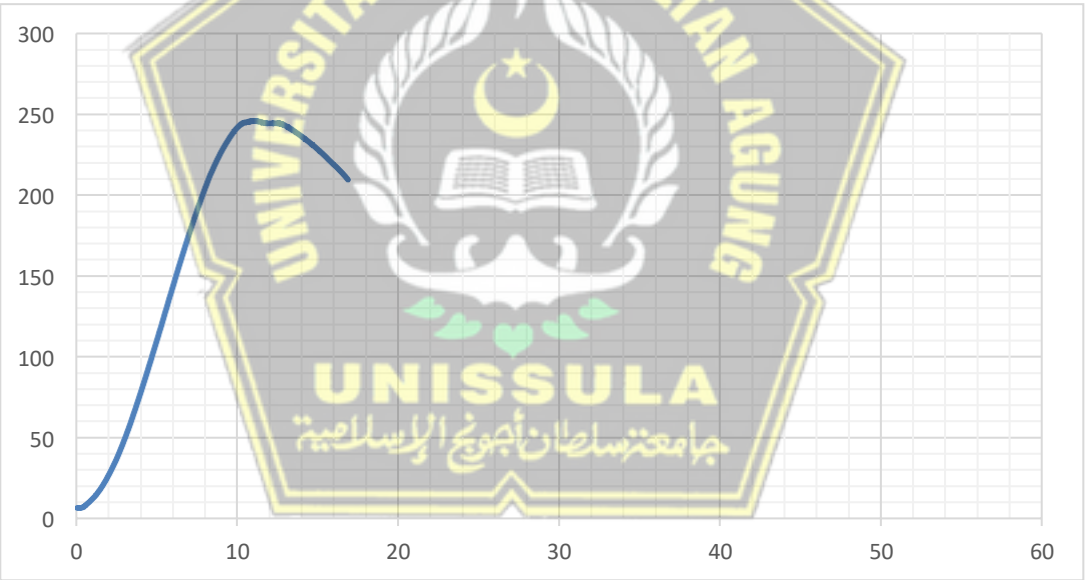
Tabel 4. 21. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder

No	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,360	277,659	15,720	160,299
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,050	376,55	18,98	193,542
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,620	470,281	26,612	271,366

Tabel 4. 22. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok

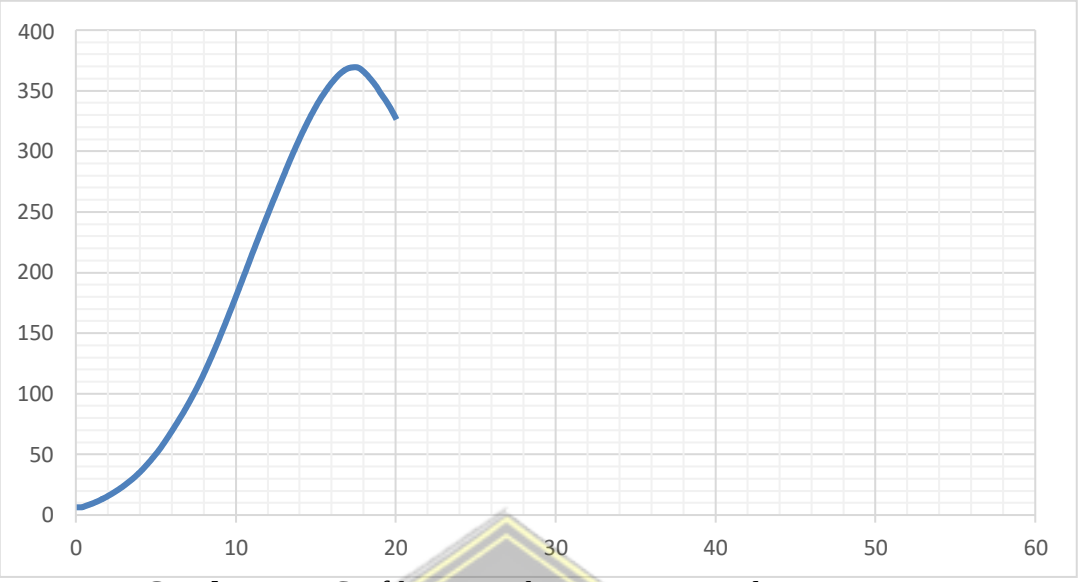
Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	30 Juni 2023	4	30,90	26,619	3,516	35,853
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	31,68	27,092	3,754	38,280
3	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,57	29,455	4,105	41,859

Tabel 4.21 dan tabel 4.22 di atas menunjukan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton normal dengan pengujian kuat tekan yang menyesuaikan umur pengujian pada umur beton 4, 7, dan 28 hari. Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan dan kuat lentur pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



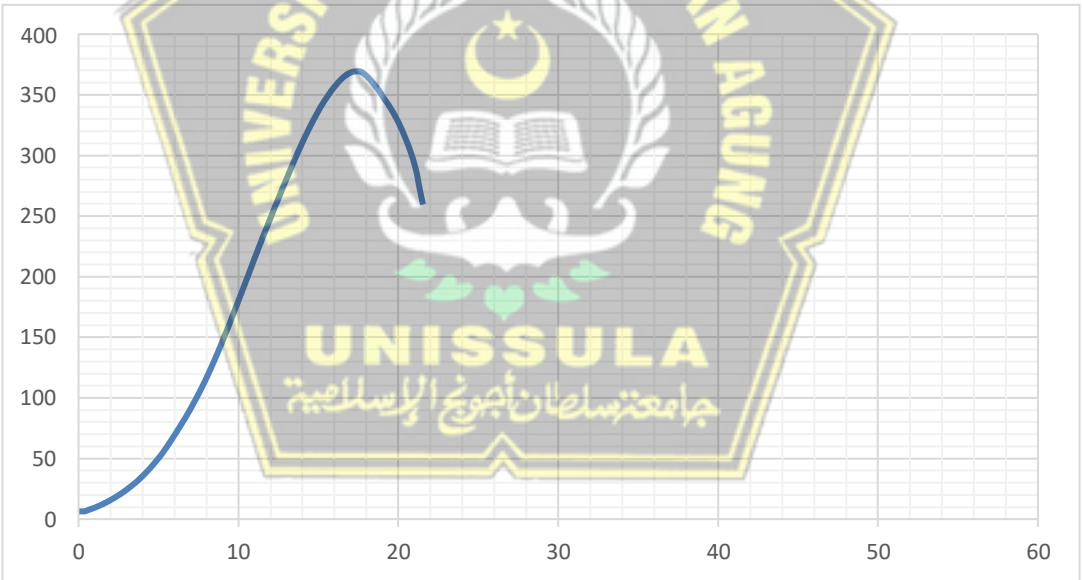
Gambar 4. 4. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 4 hari adalah 15,720 MPa setara dengan 160,299 kg/cm^2.



Gambar 4. 5. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 7 hari adalah 18,98 MPa setara dengan 193,542 kg/cm^2.



Gambar 4. 6. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 28 hari adalah 26,612 MPa setara dengan 271,366 kg/cm^2.

4.5. Kuat Tekan Beton Fast Track 45 Umur 4 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 1 (satu) umur 4hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,22	453,812	25,68	261,863
2	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,34	407,148	23,04	234,942
3	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,03	421,482	23,87	243,406
Rata – rata				12,20	427,481	24,20	246,737

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder variasi 1 (satu) pada umur beton 4 hari adalah 24,20 MPa setara dengan 246,737 kg/cm^2.

Tabel 4. 24. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,02	33,293	4,439	45,265
2	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,48	25,677	3,424	34,915
3	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,11	24,485	3,115	31,764
Rata - rata				30,20	27,818	3,659	37,315

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton balok variasi 1 (satu) pada umur beton 4 hari adalah 3,659 MPa setara dengan 37,315 kg/cm^2.

Contoh Perhitungan :

σ_1: $\frac{P.L}{b.h}$

σ_1: $\frac{33{,}293 \,.450}{15 \,.15^2}$

σ_1: 4,439 MPa

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 2 (dua) umur 4hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 25. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,54	251,918	14,256	145,371
2	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,30	392,986	22,238	226,764
3	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,22	302,459	16,247	165,673
Rata – rata				12,35	315,788	17,580	179,269

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder variasi 2 (satu) pada umur beton 4 hari adalah 17,580 MPa setara dengan 179,269 kg/cm^2.

Tabel 4. 26. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,26	20,520	2,736	27,899
2	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,36	20,882	2,784	28,389
3	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,31	20,765	2,749	28,032
Rata - rata				30,31	20,722	2,756	28,107

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton balok variasi 2 (dua) pada umur beton 4 hari adalah 2,756 MPa setara dengan 28,107 kg/cm^2.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 4 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 3 buah silinder dan 3 buah balok. Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 4 hari. Dilihat dari Tabel 4.22 maka nilai kuat tekan beton normal dengan beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai 15,720 MPa (160,299 kg/cm^2) sedangkan beton *fast track* variasi1 nilai

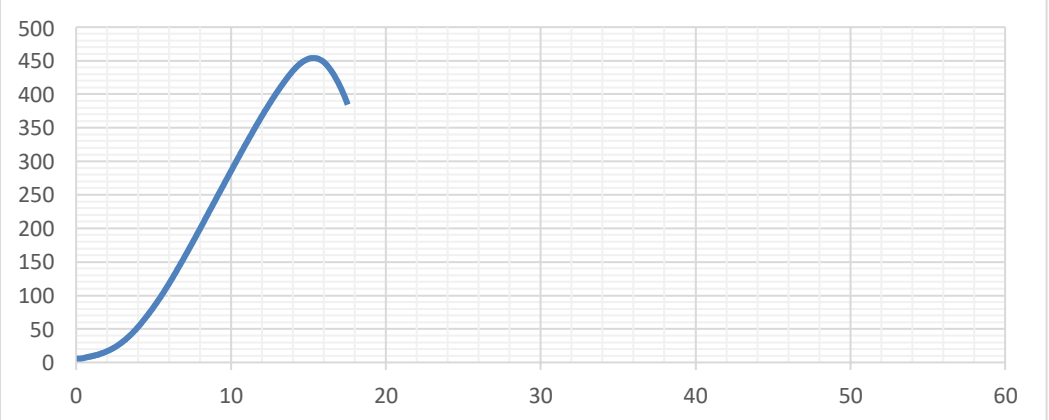
kuat tekan maksimumnya mencapai 25,68 MPa (261,863 kg/cm^2) dan beton *fast track* silinder variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 22,238 MPa (226,764 kg/cm^2) di umur beton.

Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai 3,516 Mpa sedangkan beton *fast track* balok variasi 1 nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,439 MPa dan beton *fast track* balok variasi 2 (dua) nilai lentur maksimumnya mencapai 2,784 MPa diumur beton 4 hari.

Nilai uji kuat tekan maksimal pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 4 hari didapat dengan nilai 261,863 kg/cm^2 pada sampel yang pertama dan variasi 2 (dua) dengan nilai 226,764 kg/cm^2 pada sample yang kedua dengan penambahan variasi campuran fly ash 10% dari semen dan abu batu 50% untuk variasi 1 (satu) serta fly ash 15% dan abu batu 100% untuk variasi 2 (dua) dan dengan penambahan zat aditif *retarder type D* 0,2%. Untuk nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 4 hari didapat dengan nilai 234,942 kg/cm^2 pada sampel yang kedua dan variasi 2 (dua) dengan nilai 145,371 pada sampel yang pertama.

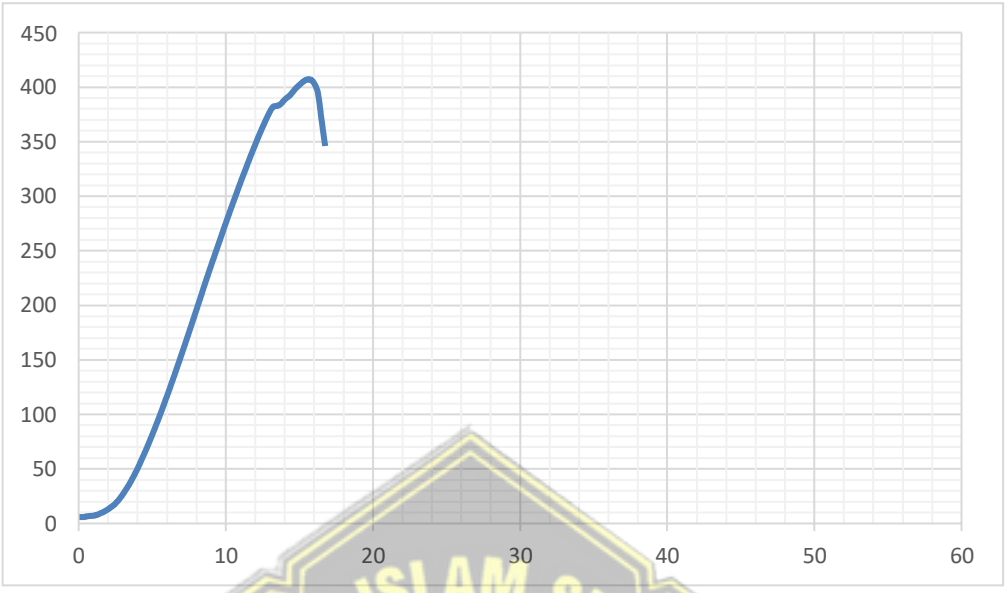
Sedangkan nilai uji kuat lentur maksimal pada beton *fast track* balok variasi 1 (satu) umur 4 hari didapat dengan nilai 45,265 kg/cm^2 pada sampel yang pertama dan nilai minimum didapat dengan nilai 34,915 kg/cm^2 pada sampel yang kedua. Untuk nilai maksimal pada variasi 2 (dua) 28,389 kg/cm^2 pada sampel yang kedua dan nilai minimum 27,899 kg/cm^2 pada sampel yang pertama.

Dibawah ini merupakana hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



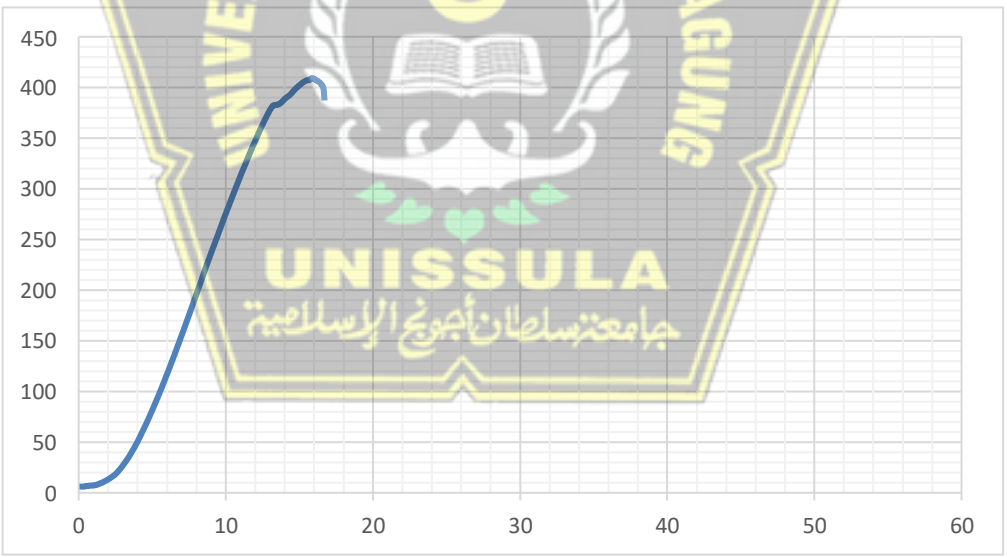
Gambar 4. 7. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 25,68 MPa setara dengan 261,863 kg/cm^2,



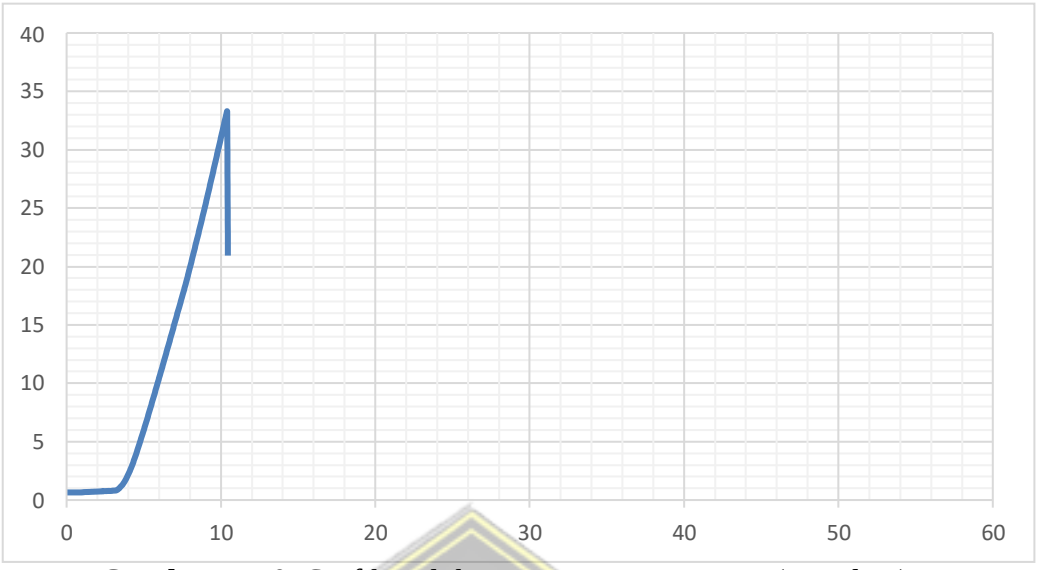
Gambar 4. 8. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 23,04 MPa setara dengan 234,942 kg/cm^2,



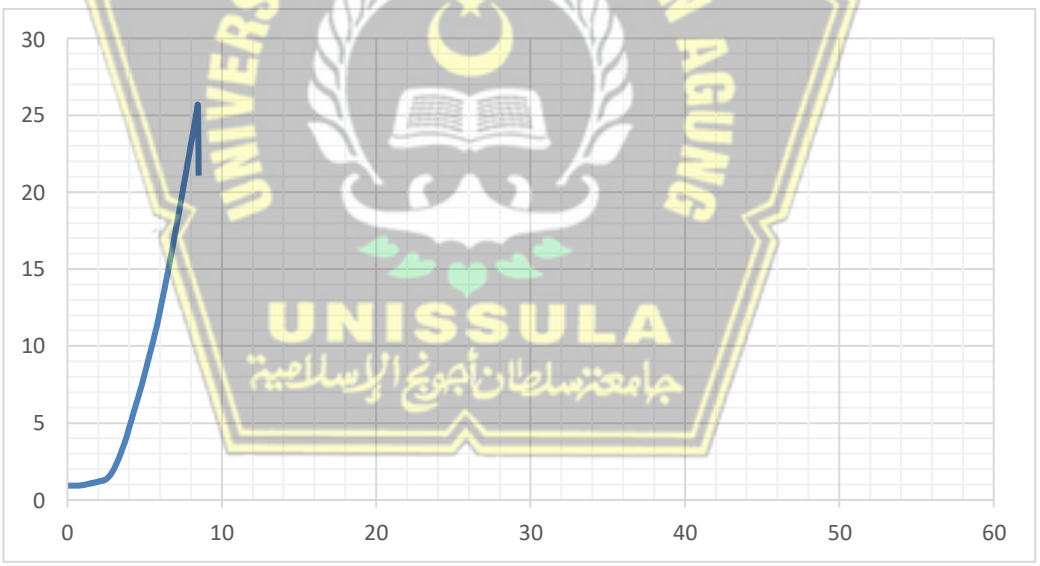
Gambar 4. 9. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 23,87 MPa setara dengan 243,406 kg/cm^2



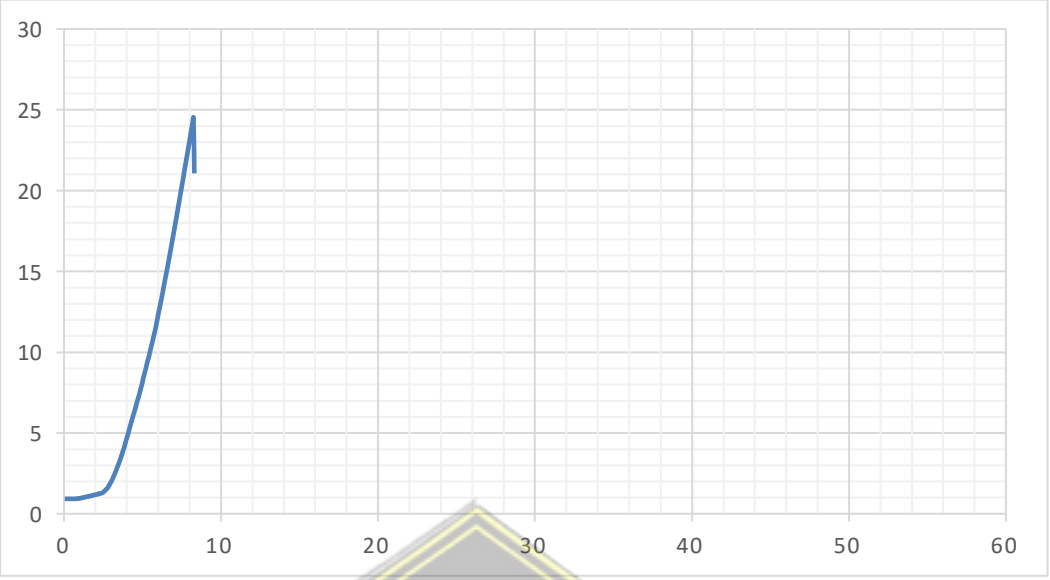
Gambar 4. 10. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 4,439 MPa setara dengan 45,265 kg/cm^2



Gambar 4. 11. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 2)

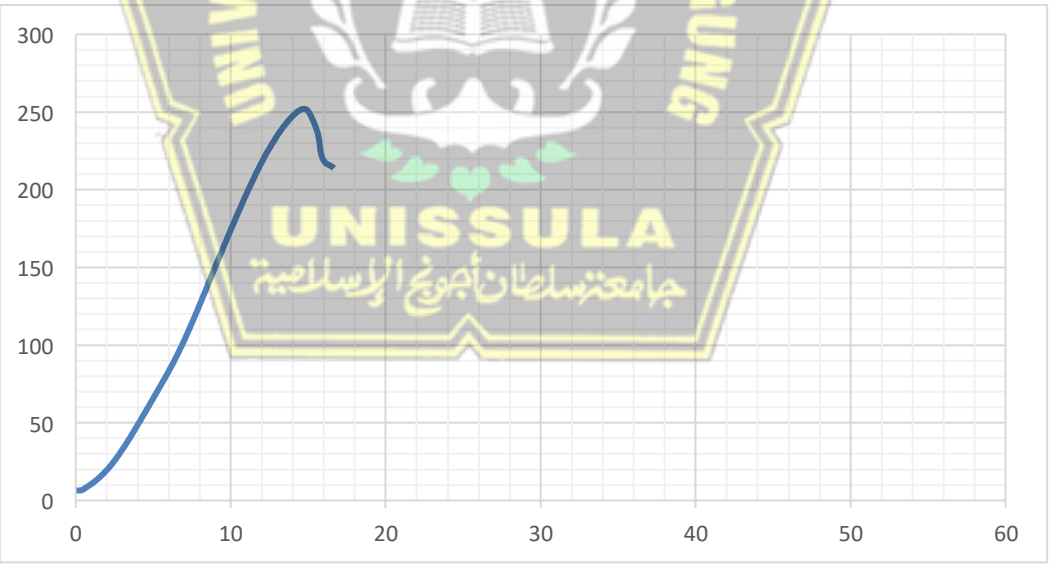
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 3,424 MPa setara dengan 34,915 kg/cm^2



Gambar 4. 12. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 1 (sample 3)

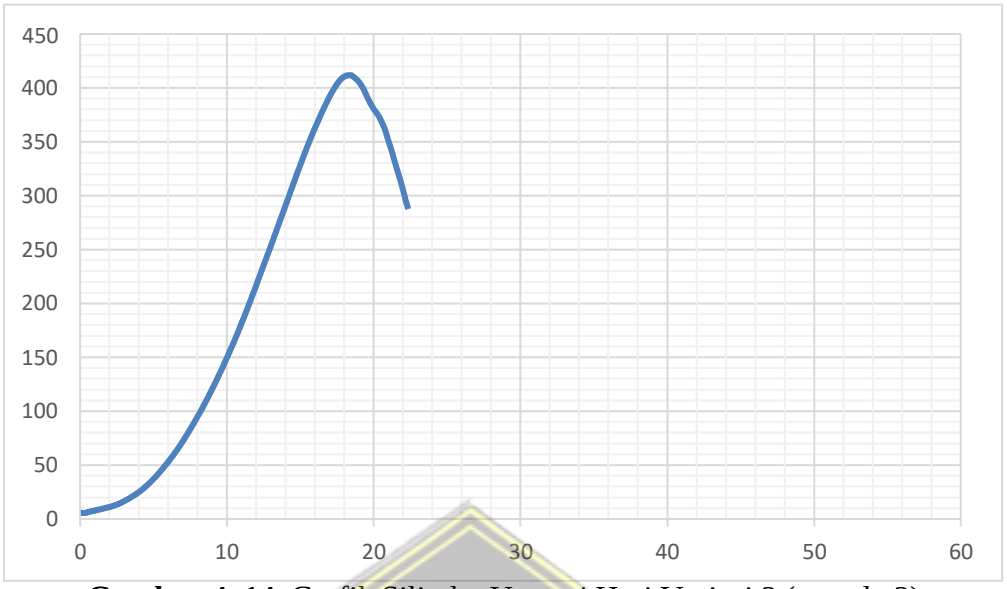
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 3,115 MPa setara dengan 31,764 kg/cm^2.

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 2 (dua) umur 4 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini



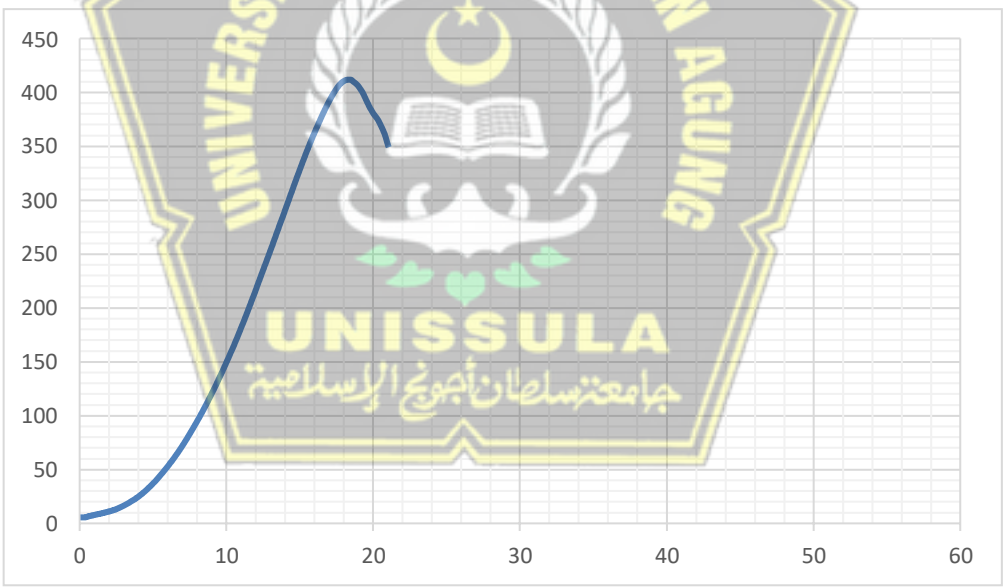
Gambar 4. 13. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 14,256 MPa setara dengan 145,371 kg/cm^2



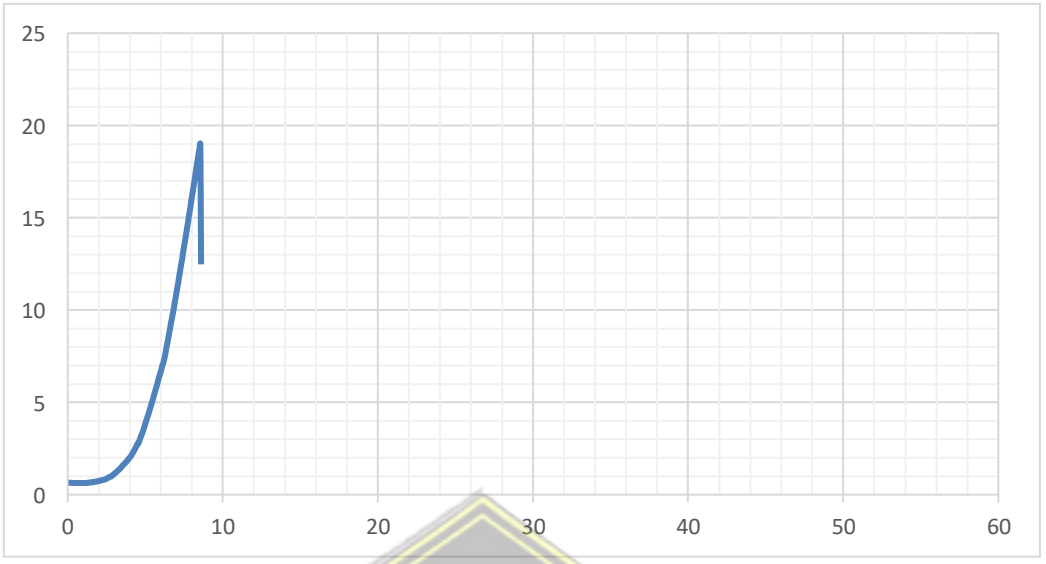
Gambar 4. 14. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 22,238 MPa setara dengan 226,764 kg/cm^2



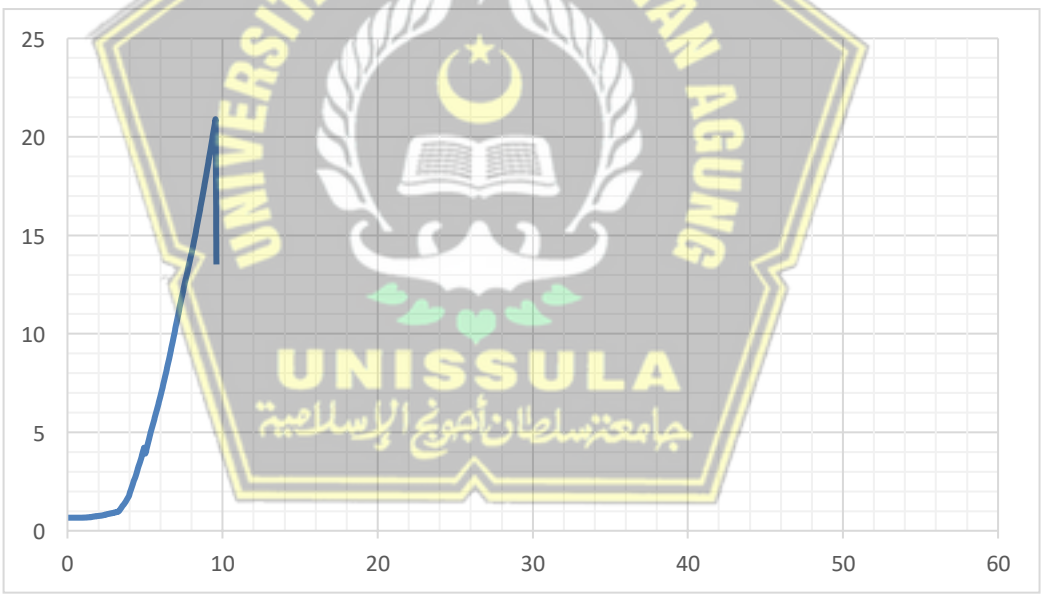
Gambar 4. 15. Grafik Silinder Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 16,247 MPa setara dengan 165,673 kg/cm^2



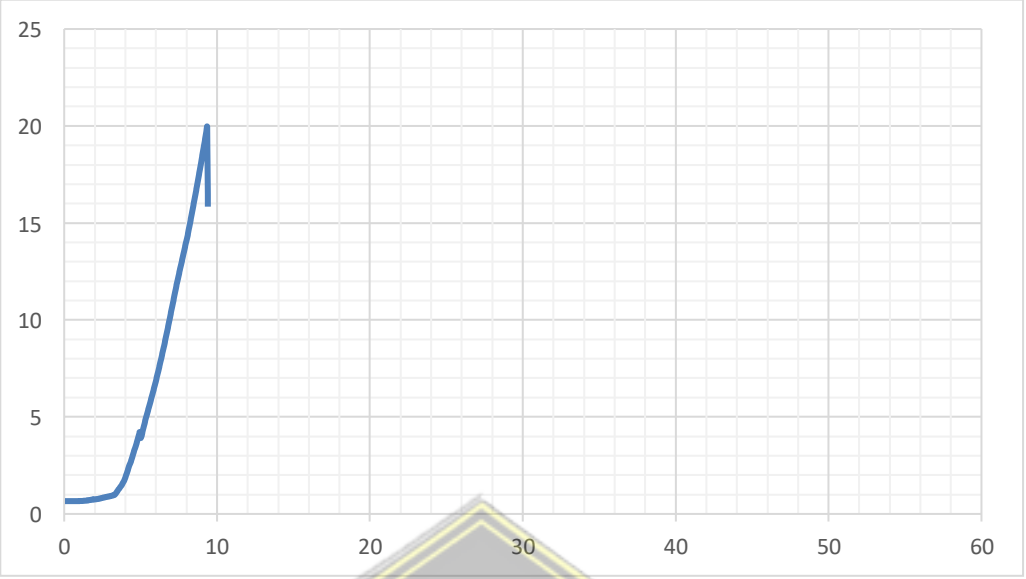
Gambar 4. 16. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 2,736 MPa setara dengan 27,899 kg/cm^2



Gambar 4.17. Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 2,784 MPa setara dengan 28,389 kg/cm^2



Gambar 4.18 Grafik Balok Umur 4 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 4 hari adalah 2,749 MPa setara dengan 28,032 kg/cm^2

4.6. Kuat Tekan *Fast Track* 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 1 (satu) umur 7 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder *(kg/cm^2)*
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,02	353,366	19,996	203,902
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,60	369,451	20,907	213,192
3	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,91	340,409	17,852	182,039
Rata – rata				12,84	354,409	19,585	199,711

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder variasi 1 (satu) pada umur beton 7 hari adalah 19,585 MPa setara dengan 199,711 kg/cm

Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,02	33,293	4,439	45,265
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,48	25,677	3,424	34,915
3	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,11	27,423	3,759	38,331
Rata - rata				30,20	28,798	3,874	39,504

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton balok variasi1 (satu) pada umur beton 7 hari adalah 3,874 MPa setara dengan 39,504 kg/cm^2

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 2 (dua) umur 7 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,12	245,322	13,882	141,557
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,86	189,265	10,710	109,212
3	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,62	277,142	15,892	162,053
Rata – rata				12,87	237,243	13,495	137,607

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder variasi 2 (dua) pada umur beton 7 hari adalah 13,495 MPa setara dengan 137,607 kg/cm^2

Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	31,26	19,020	2,536	25,860
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	32,18	25,778	3,542	36,118
3	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,32	21,432	2,901	30,989
Rata - rata				31,25	22,077	2,993	30,520

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton balok variasi2 (dua) pada umur beton 7 hari adalah 2,993 MPa setara dengan 30,520 kg/cm^2.

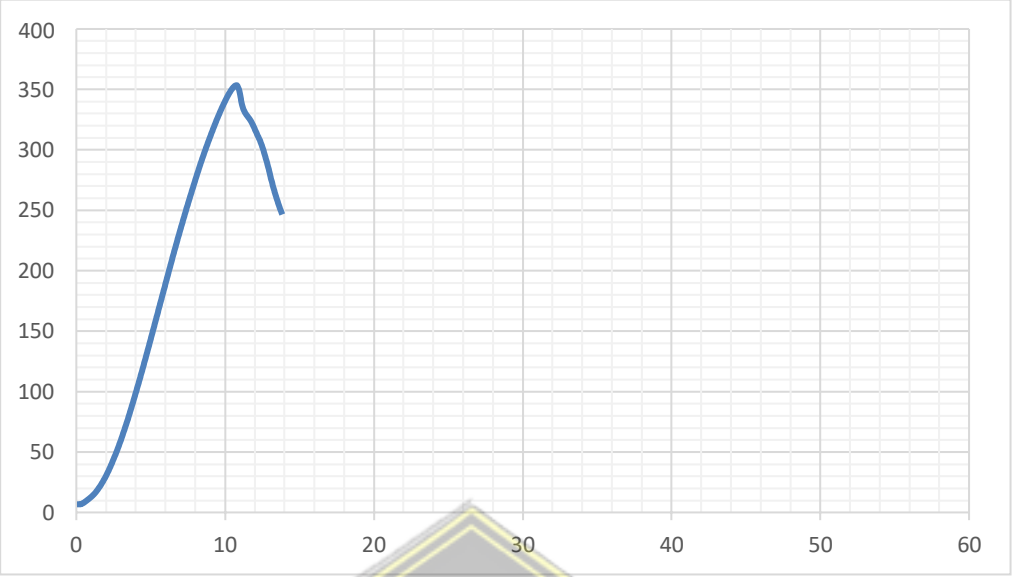
Tabel diatas. menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 7 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 3 buah silinder dan 3 buah balok. Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 7 hari. Dilihat dari Tabel 4.22 maka nilai kuat tekan beton normal dengan beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) terdapat selisihnilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 7 hari nilai kuat tekannya bernilai 18,98 MPa (193,542 kg/cm^2) sedangkan beton *fast track* variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 20,907 MPa (213,192 kg/cm^2) dan beton *fast track* silinder variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 15,892 MPa (162,053 kg/cm^2) di umur beton 7 hari.

Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 7 hari nilai kuat tekannya bernilai 3,754 MPa sedangkan beton *fast track* balok variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,439 MPa dan beton *fast track* balok variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 3,542 MPa di umur beton 7 hari.

Nilai uji kuat tekan maksimal pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 7 hari didapat dengan nilai 213,192 kg/cm^2 pada sampel yang kedua dan variasi 2 (dua) dengan nilai 162,053 kg/cm^2 pada sample yang ketiga dengan penambahan variasi campuran fly ash 10% dari semen dan abu batu 50% % untuk variasi 1 (satu) serta fly ash 15% dan abu batu 100% untuk variasi 2 (dua) dengan penambahan zat aditif *retarder type D* 0,2%. Untuk nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 7 hari didapat dengan nilai 182,039 kg/cm^2 pada sampel yang ketiga dan variasi 2 (dua) dengan nilai 109,212 pada sampel yang kedua.

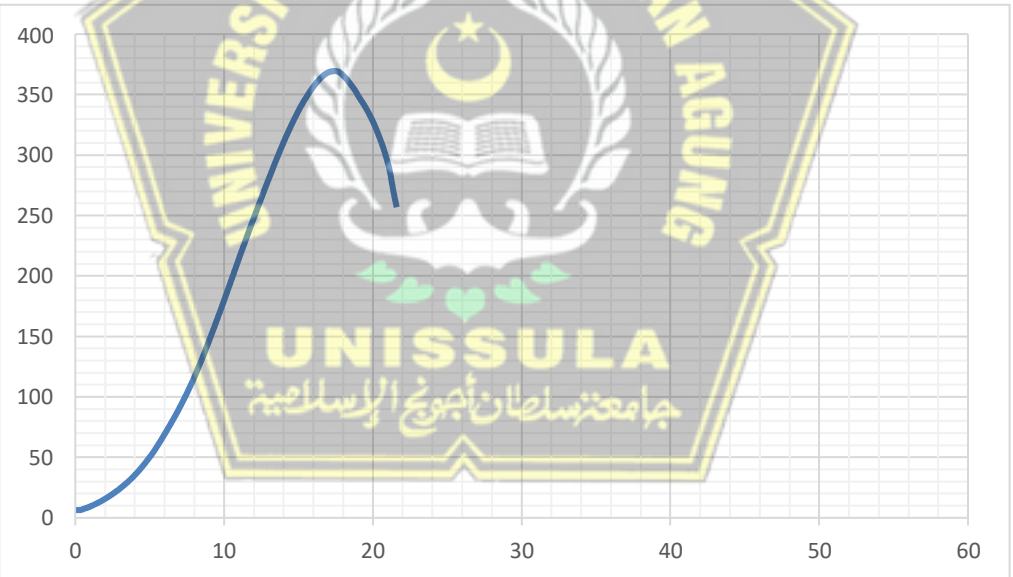
Sedangkan nilai uji kuat lentur maksimal pada beton *fast track* balok variasi 1 (satu) umur 4 hari didapat dengan nilai 45,265 kg/cm^2 pada sampel yang pertama dan nilai minimum didapat dengan nilai 31,764 kg/cm^2 pada sampel yang ketiga. Untuk nilai maksimal pada variasi 2 (dua) 36,118 kg/cm^2 pada sampel yang kedua dan nilai minimum 25,860 kg/cm^2 pada sampel yang pertama.

Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



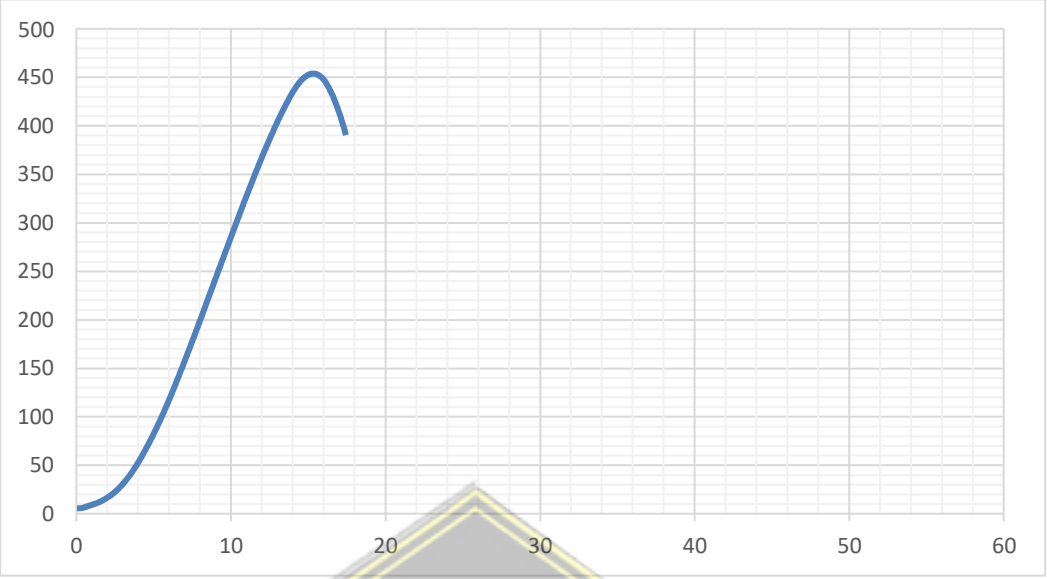
Gambar 4.16. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 19,996 MPa setara dengan 203,902 kg/cm^2



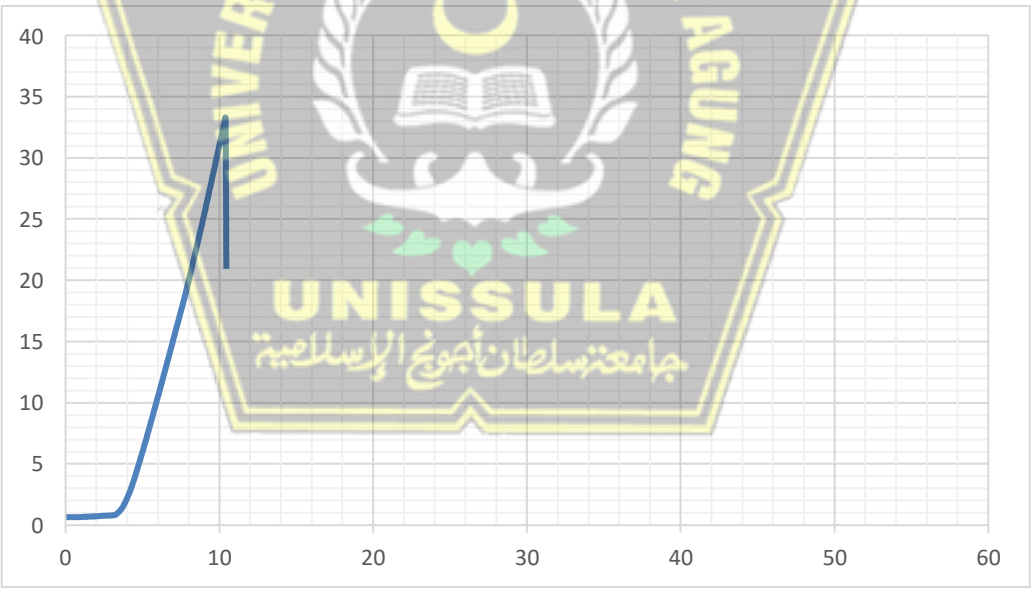
Gambar 4.17. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 20,907 MPa setara dengan 213,192 kg/cm^2



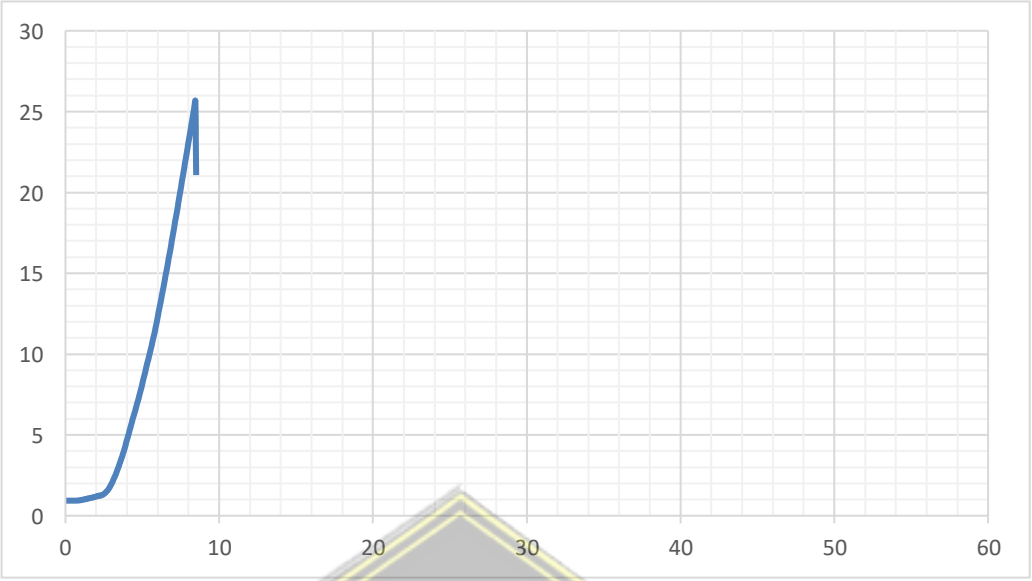
Gambar 4. 18. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 17,852 MPa setara dengan 182,039 kg/cm^2



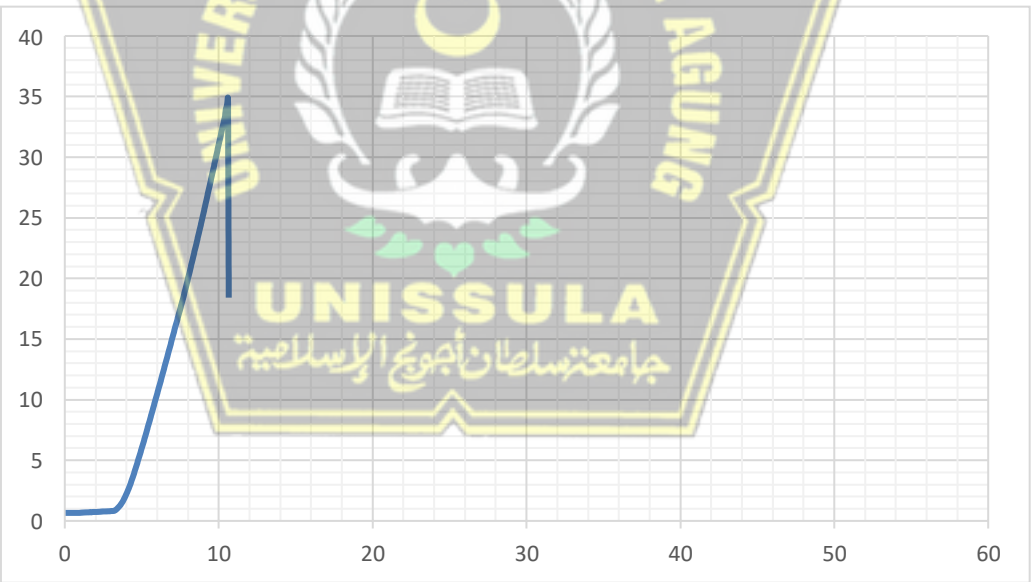
Gambar 4. 19. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 4,439 MPa setara dengan 45,265 kg/cm^2



Gambar 4. 20. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 2)

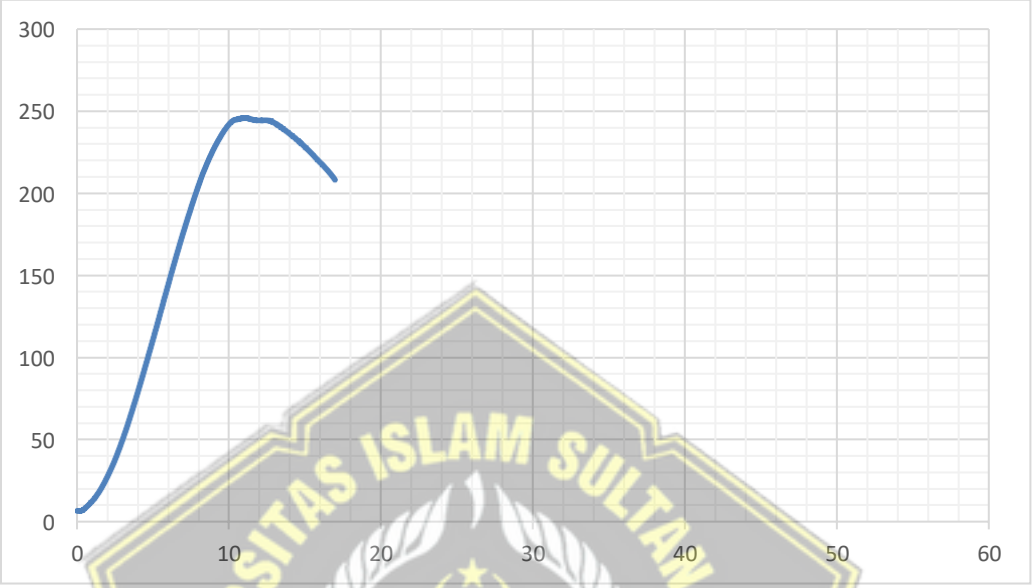
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 3,424 MPa setara dengan 34,915 kg/cm^2 .



Gambar 4. 21. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 1 (sample 3)

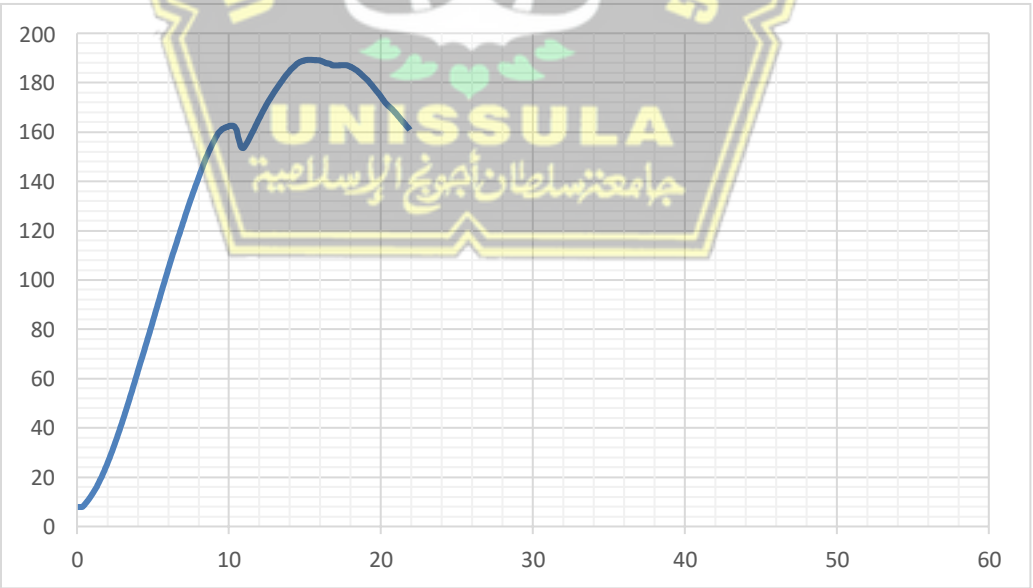
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 3,759 MPa setara dengan 38,331 kg/cm^2 .

Data hasil pengujian kuat tekan beton *fast track* 45 variasi 2 (dua) umur 7 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini ;



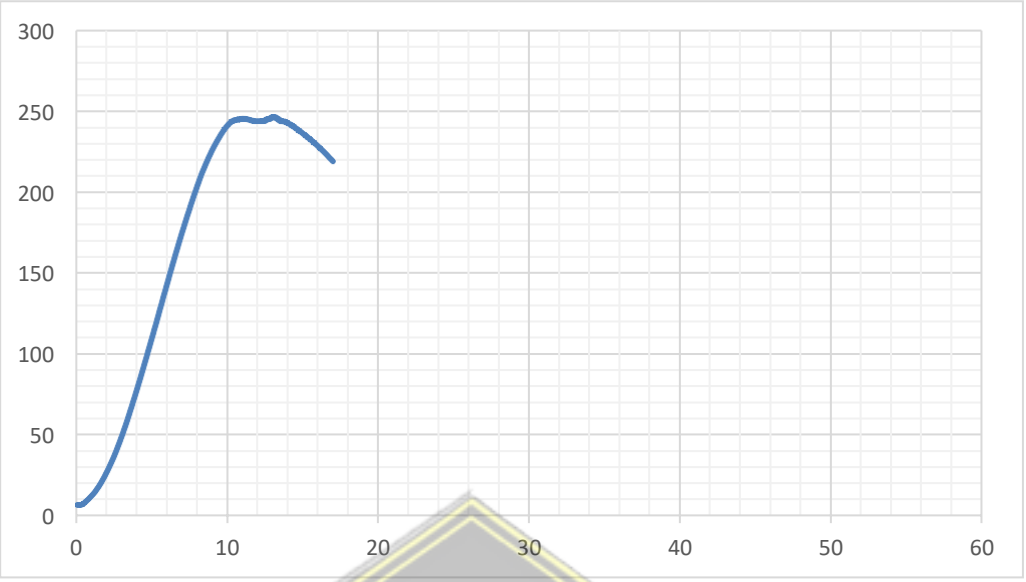
Gambar 4. 22. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 13,882 MPa setara dengan 141,557 kg/cm^2 .



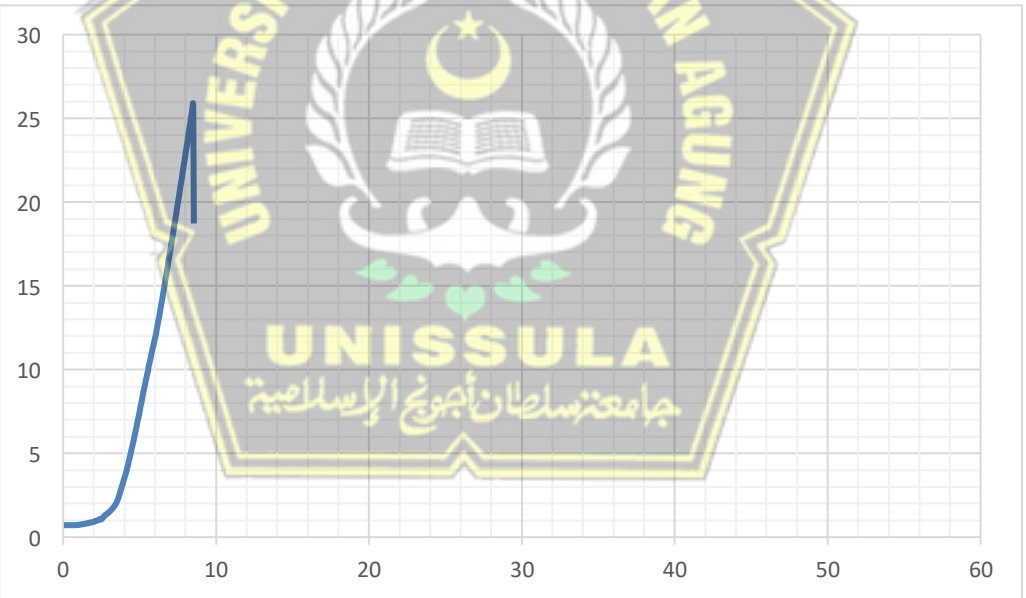
Gambar 4. 23. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 10,710 MPa setara dengan 109,212 kg/cm^2 .



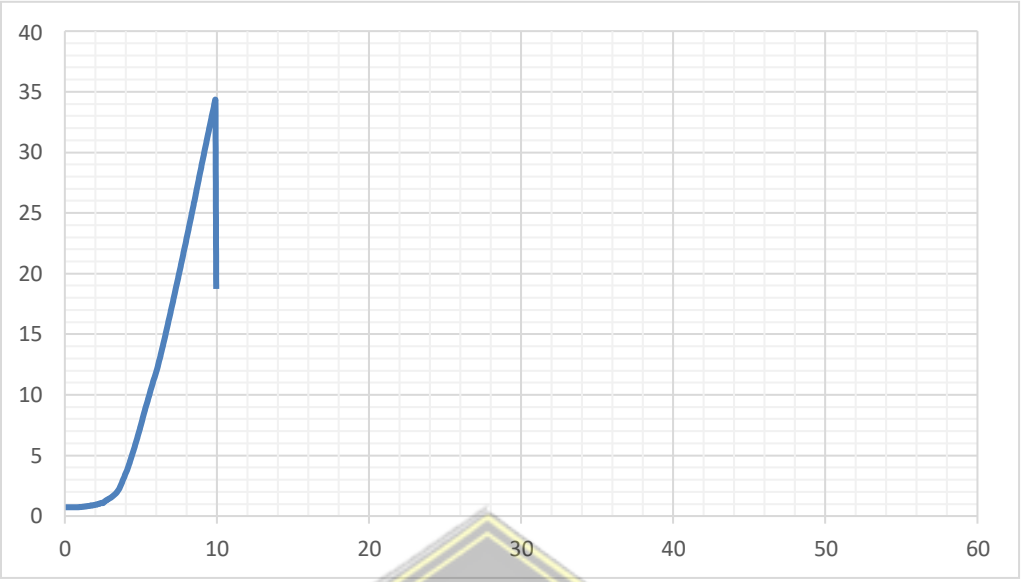
Gambar 4. 24. Grafik Silinder Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 15,892 MPa setara dengan 162,053 kg/cm^2 .



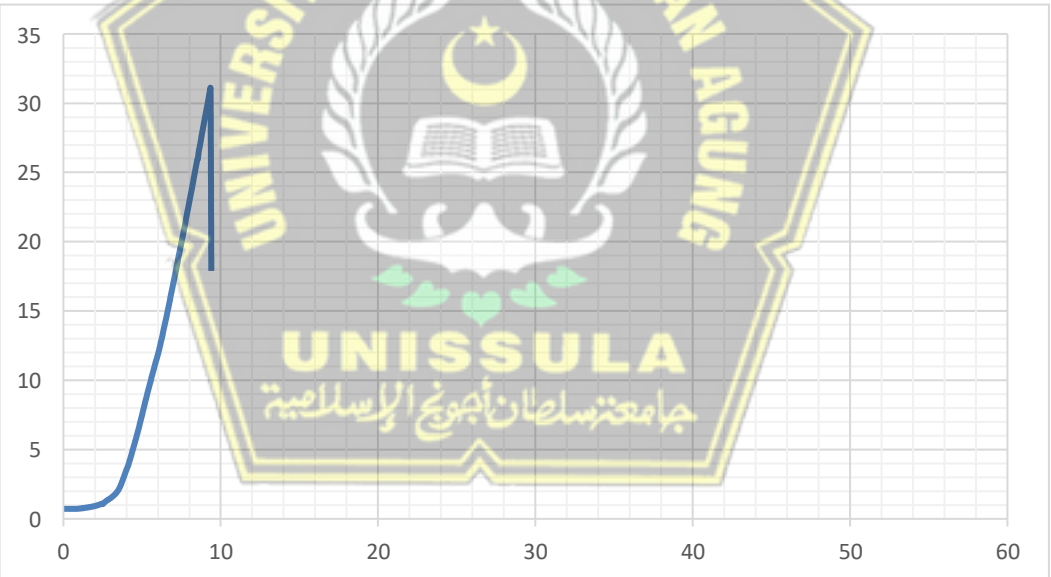
Gambar 4. 25. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 2,536 MPa setara dengan 25,860 kg/cm^2



Gambar 4. 26. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 3,542 MPa setara dengan 36,118 kg/cm^2



Gambar 4. 27. Grafik Balok Umur 7 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 7 hari adalah 2,901 MPa setara dengan 30,989 kg/cm^2

4.7. Kuat Tekan *Fast Track* 28 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton *fast track* 45 variasi 1 (satu) umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	13,20	633,526	35,850	365,568
2	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,82	413,253	23,285	237,441
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,71	435,389	26,368	268,878
Rata – rata				12,91	494,056	28,501	290,628

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan silinder variasi 1 (satu) pada umur beton 28 hari adalah 28,501 MPa setara dengan 290,628 kg/cm^2

Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	31,90	35,820	4,776	48,702
2	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,68	31,206	4,161	42,430
3	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,49	31,613	4,198	42,808
Rata - rata				31,02	32,880	4,378	44,646

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan balok variasi 1 (satu) pada umur beton 28 hari adalah 4,378 MPa setara dengan 44,646 kg/cm^2

Data hasil pengujian kuat tekan beton *fast track* 45 variasi 2 (dua) umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 33. **Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Silinder Umur 28 Hari**

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	13,22	453,338	25,654	261,598
2	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,80	411,739	23,300	237,594
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,51	421,057	23,989	244,619
Rata – rata				12,84	428,711	24,314	247,936

Dilihat tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan silinder variasi 2(dua) pada umur beton 28 hari adalah 24,314 MPa setara dengan 247,936 kg/cm^2

Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Beton *Fast Track* Balok Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2022	22 Juni 2023	28	31,04	34,339	4,579	46,693
2	26 Mei 2022	22 Juni 2023	28	32,02	28,619	3,816	38,912
3	26 Mei 2022	22 Juni 2023	28	30,53	28,455	4,705	47,977
Rata - rata				31,20	30,471	4,367	44,527

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan balok variasi 2 (dua) pada umur beton 28 hari adalah 4,367 MPa setara dengan 44,527 kg/cm^2.

Tabel diatas. menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 28 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 3 buah silinder dan 3 buah balok. Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 28 hari. Dilihat dari Tabel 4.22 maka nilai kuat tekan beton normal dengan beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) terdapat selisihnilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 28 hari nilai kuat tekannya bernilai26,612 MPa (271,366 kg/cm^2) sedangkan beton *fast track* variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 35,850 MPa (365,568 kg/cm^2) dan beton *fast track*silinder variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 25,654 MPa (261,598 kg/cm^2) di umur beton 28 hari.

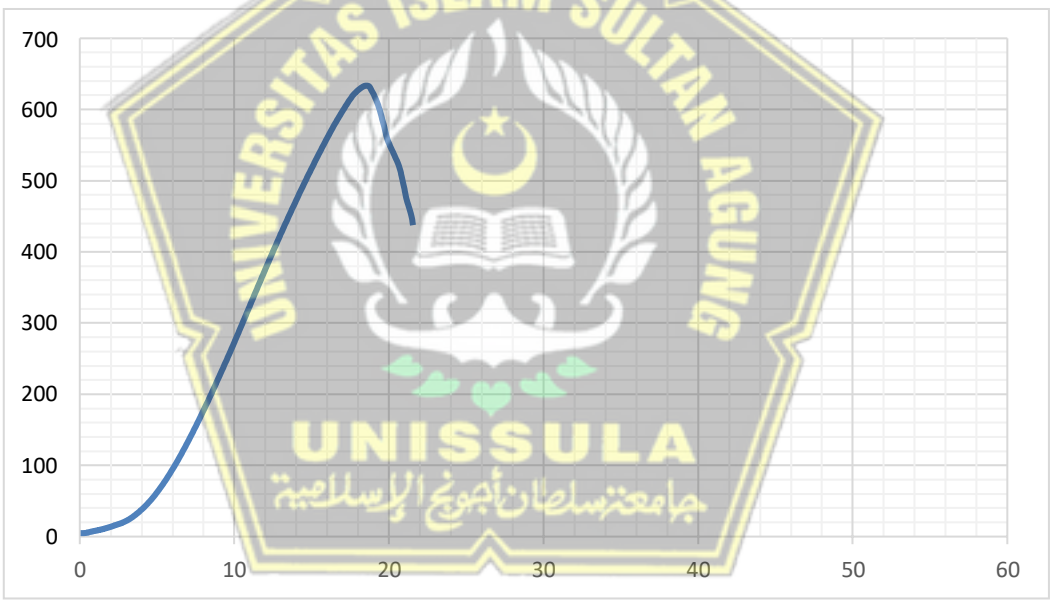
Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 28 hari nilai kuat tekannya bernilai 4,105 MPa (41,859 kg/cm^2) sedangkan beton *fast track* balok variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,776 MPa (48,702 kg/cm^2) dan beton *fast track* balok variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,705 MPa (47,977 kg/cm^2) di umur beton 28 hari.

Nilai uji kuat tekan maksimal pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 28 hari didapat dengan nilai 365,568 kg/cm^2 pada sampel yang pertama dan variasi 2 (dua) dengan nilai 261,598 kg/cm^2 pada sample yang pertama dengan penambahan variasi campuran fly ash 10% dari semen dan abu batu 50% % untuk

variasi 1 (satu) serta fly ash 15% dan abu batu 100% untuk variasi 2 (dua) dan dengan penambahan zat aditif *retarder type D* 0,2%. Untuk nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada beton *fast track* silinder variasi 1 (satu) umur 28 hari didapat dengan nilai 237,441 kg/cm^2 pada sampel yang kedua dan variasi 2 (dua) dengan nilai 237,594 kg/cm^2 pada sampel yang kedua.

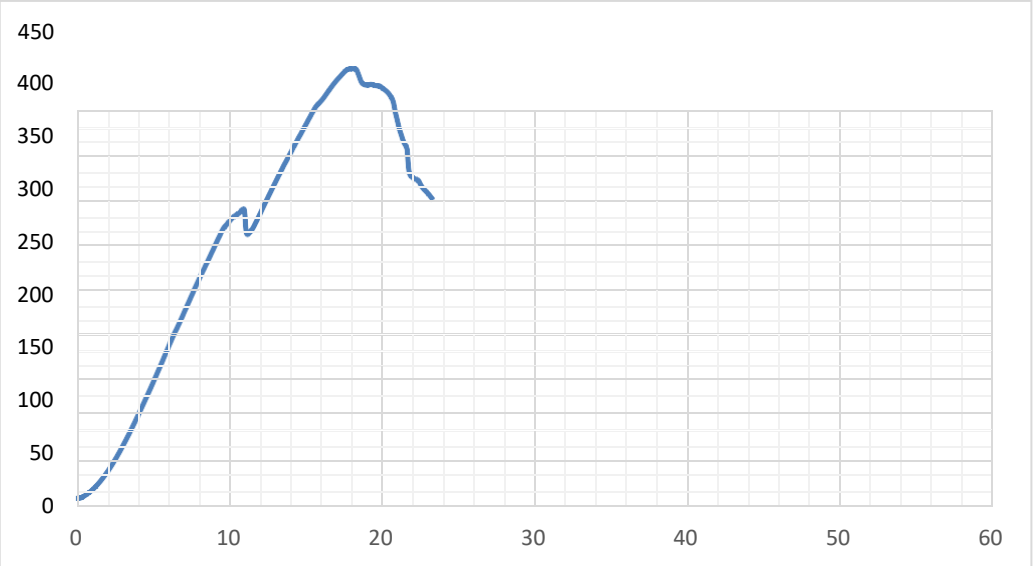
Sedangkan nilai uji kuat lentur maksimal pada beton *fast track* balok variasi 1 (satu) umur 4 hari didapat dengan nilai 48,702 kg/cm^2 pada sampel yang pertama dan nilai minimum didapat dengan nilai 42,430 kg/cm^2 pada sampel yang kedua. Untuk nilai maksimal pada variasi 2 (dua) 47,977 kg/cm^2 pada sampel yang ketiga dan nilai minimum 38,912 kg/cm^2 pada sampel yang kedua.

Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



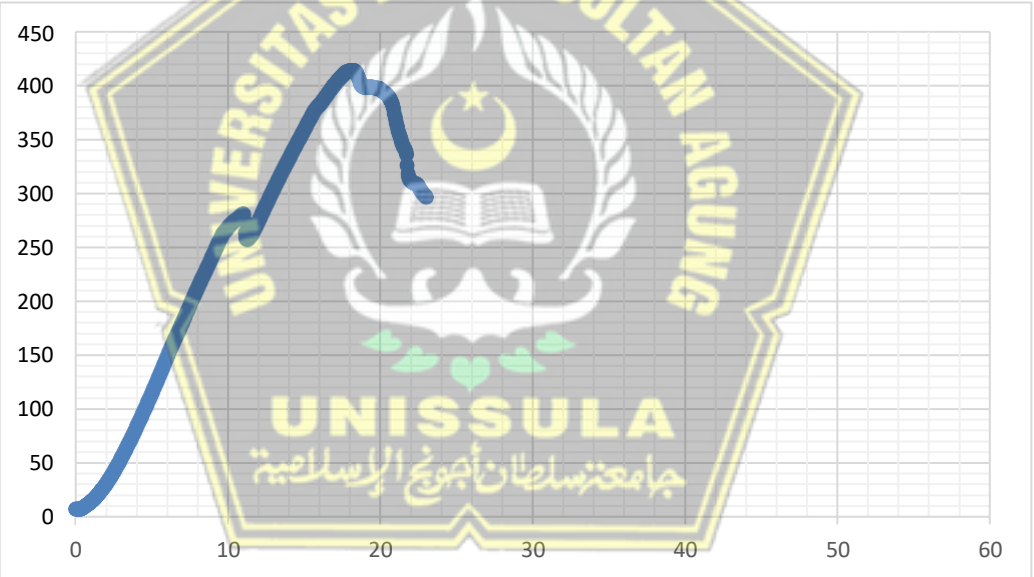
Gambar 4. 28. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 35,850 MPa setara dengan 365,568 kg/cm^2



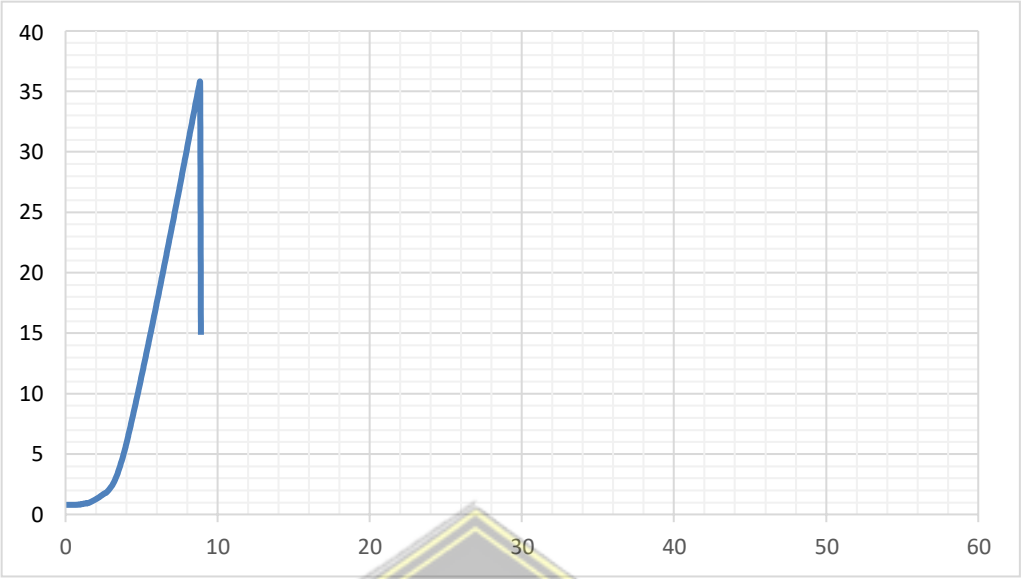
Gambar 4. 29. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 23,285 MPa setara dengan 237,441 kg/cm^2



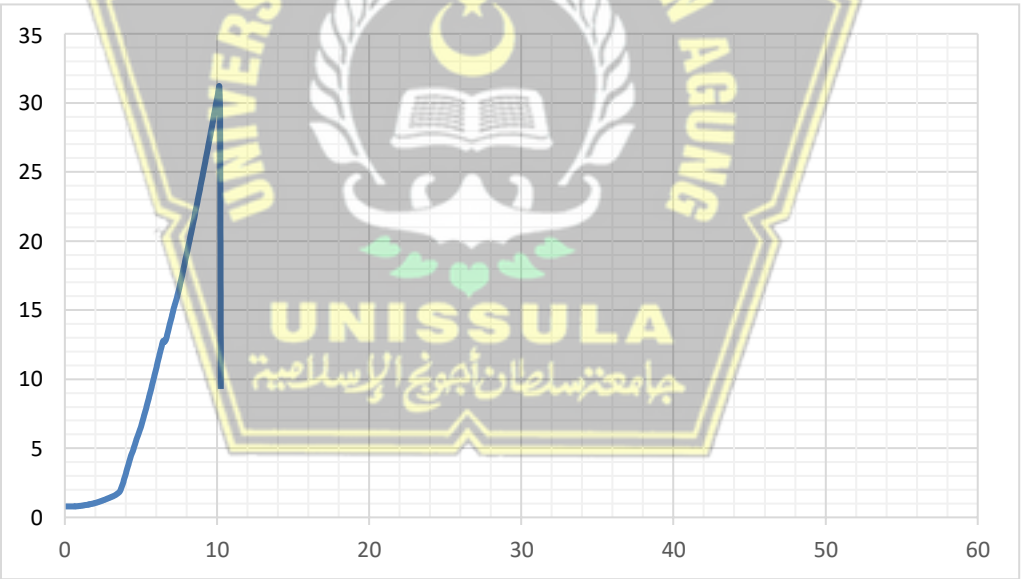
Gambar 4. 30. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 26,368 MPa setara dengan 268,878 kg/cm^2



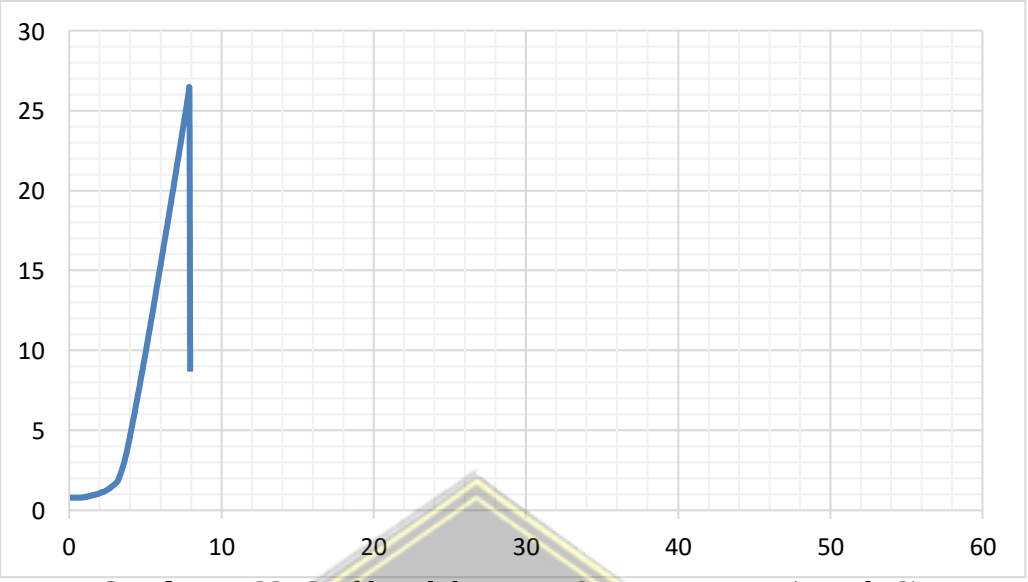
Gambar 4. 31. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 4,776 MPa setara dengan 48,702 kg/cm^2



Gambar 4. 32. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 2)

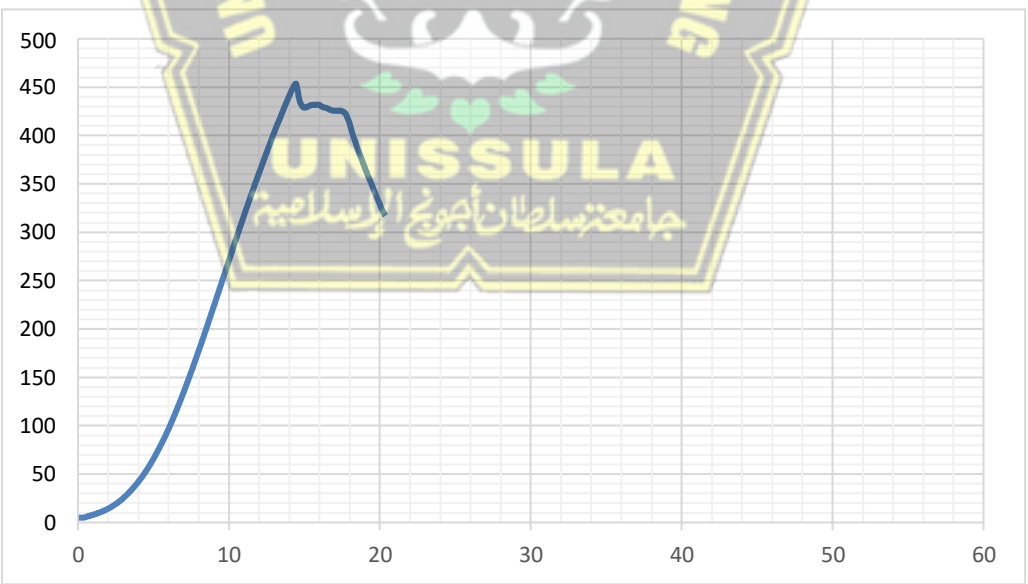
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 4,161 MPa setara dengan 42,430 kg/cm^2



Gambar 4. 33. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 1 (sample 3)

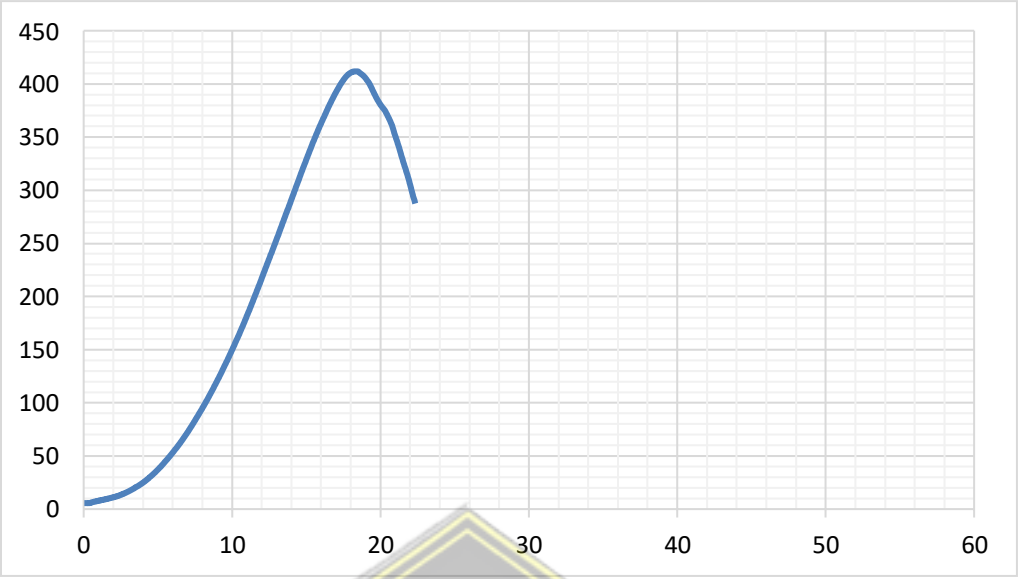
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 4,189 MPa setara dengan 42,808 kg/cm^2

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 45 variasi 2 (dua) umur 28 haridapat dilihat pada grafik di bawah ini ;



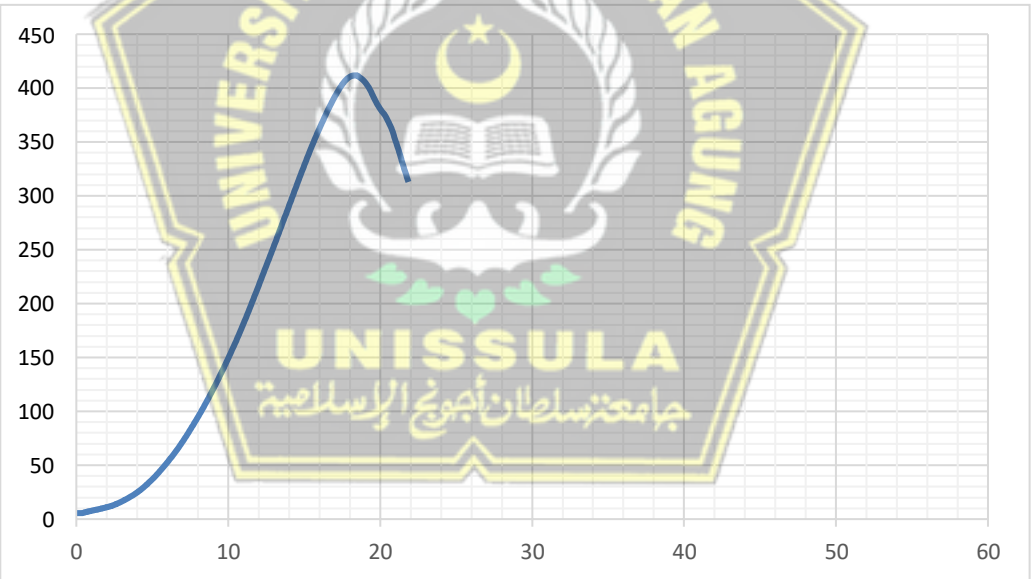
Gambar 4. 34. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 25,654 MPa setara dengan 261,598 kg/cm^2



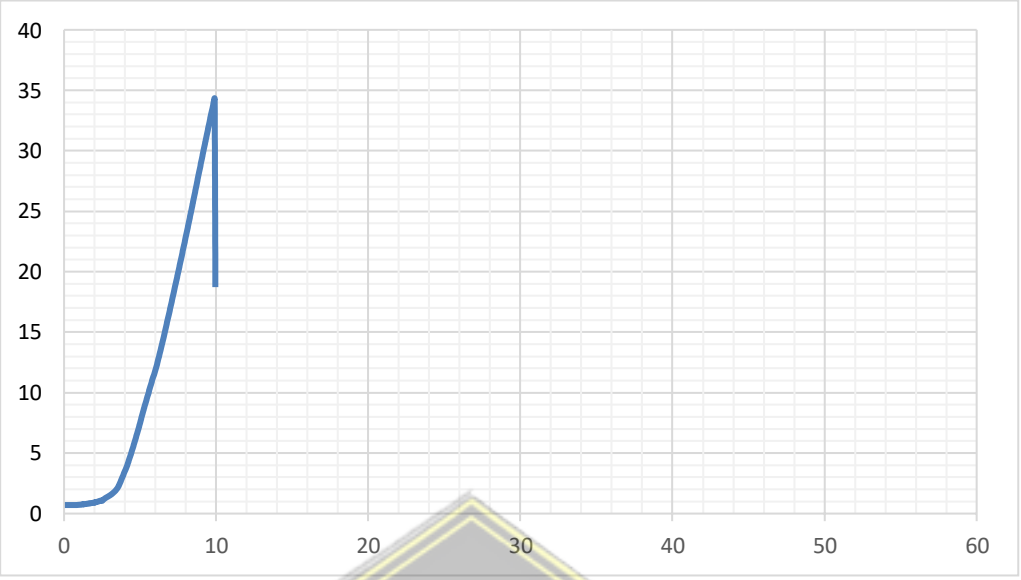
Gambar 4. 35. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 23,300 MPa setara dengan 237,594 kg/cm^2



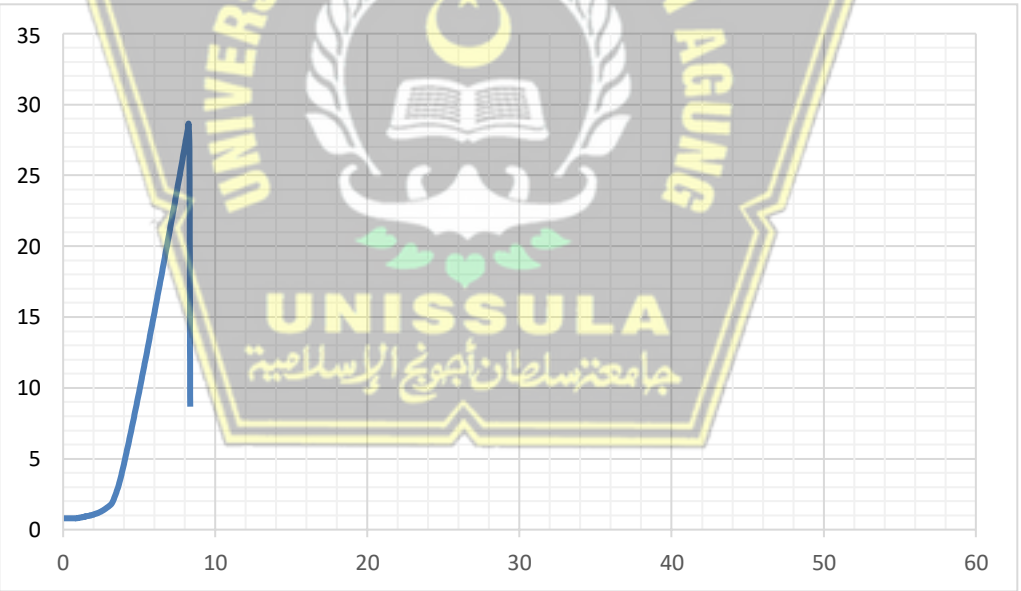
Gambar 4. 36. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 23,989 MPa setara dengan 244,619 kg/cm^2



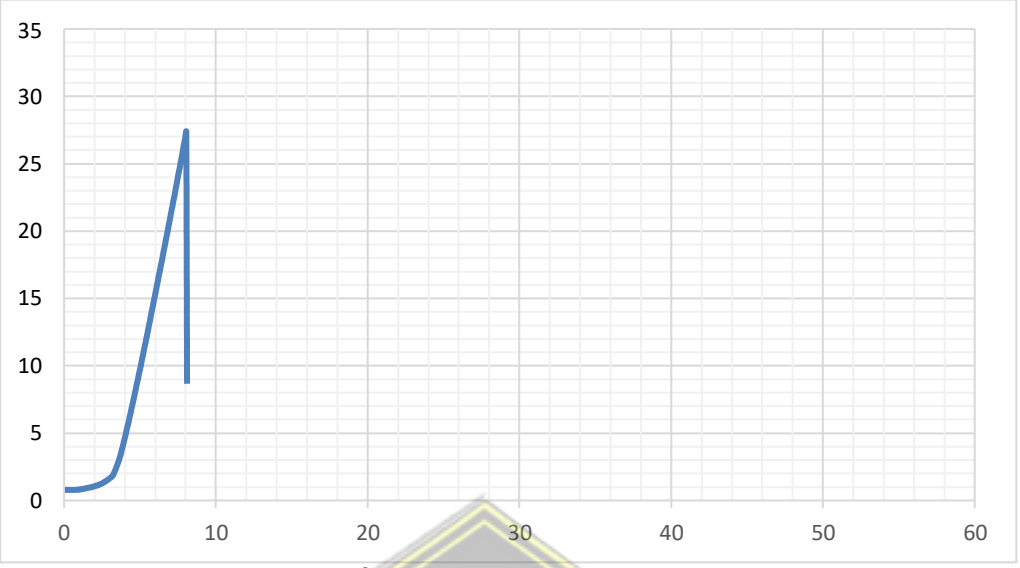
Gambar 4. 37. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 4,579 MPa setara dengan 46,693 kg/cm^2



Gambar 4. 38. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 3,816 MPa setara dengan 38,912 kg/cm^2



Gambar 4. 39. Grafik Balok Umur 28 Hari Variasi 2 (sample 3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 45 pada umur beton 28 hari adalah 4,705 MPa setara dengan 47,977 kg/cm^2

4.8. Hasil Uji Slump Test

Pengujian slump dilakukan pada semua sample beton. Nilai slump beton pada penelitian ini ditarget sebesar 3,8-7,5cm. Hasil nilai slump beton fast track 45 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

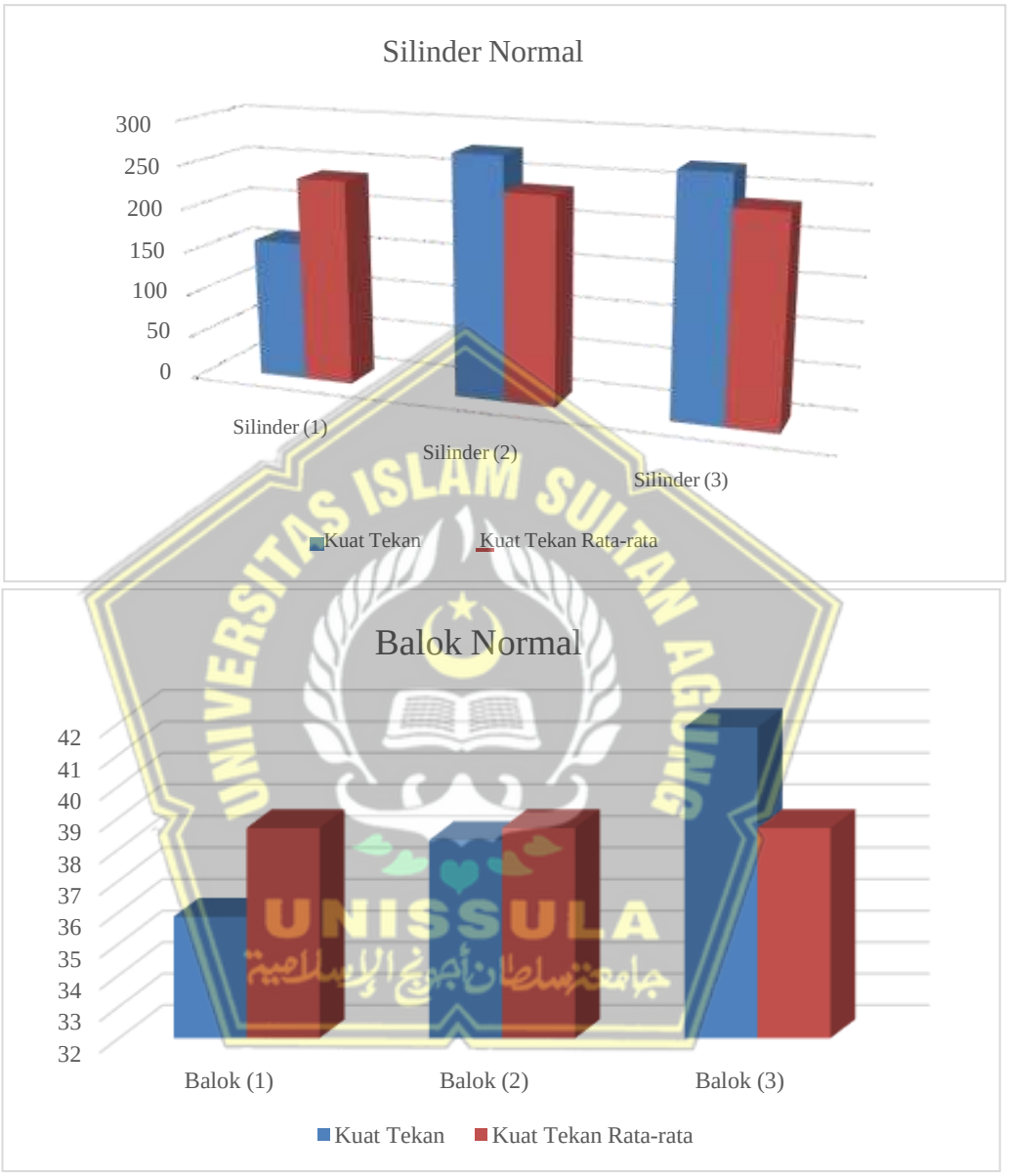
Tabel 4. 35. Hasil *Slump test*

SAMPLE		Slump *FAST TRACK* 45
Komposisi	Retarder	mm
Normal	-	400
Variasi 1	0,20%	600
Variasi 2	0,20%	450

Tabel diatas menunjukkan hasil dari pemeriksaan nilai slump diatas dapat dilihat bahwa nilai slump pada semua komposisi masuk dalam kategori yang disyaratkan. Jika digrafikan tabel 4.35 menjadi sebagai berikut.

4.9. Kuat Tekan Rata-Rata Beton Variasi

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka peneliti mendapatkan data hasil kuat tekan beton normal umur 4,7, dan 28 hari pada grafik sebagaiberikut :



Gambar 4. 40. Grafik kuat tekan beton normal 4, 7 dan 28 hari

Grafik diatas menunjukan hasil kuat tekan beton Silinder dan Balok normal 4, 7, dan 28 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 36. Kuat Tekan Beton Normal Silinder

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,360	277,659	15,720	160,299
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,050	376,55	18,98	193,542
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,620	470,281	26,612	271,366

.

Tabel 4. 37. Kuat Tekan Beton Normal Balok

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian					
1	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,90	28,619	3,516	35,853
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	31,68	29,132	3,754	38,280
3	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,57	29,455	4,105	41,859

.

Data kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* umur 4 hari dapat dilihat pada grafik berikut

Gambar 4. 41. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* silinder umur 4 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 38. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Silinder Variasi 1(Satu) Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,22	453,812	25,680	261,863	246,403
2	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,34	407,148	23,040	234,942	
3	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,03	421,482	23,87	243,406	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* silinder umur 4 hari adalah 246,737 kg/cm^2.

Gambar 4. 42. Grafik Balok kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* balok umur 4 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 39. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Balok Variasi 1 (Satu) Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,02	33,293	4,439	45,265	37,315
2	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,48	25,677	3,424	34,915	
3	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,11	24,485	3,115	31,764	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* balok umur 4 hari adalah 37,315 kg/cm^2.

Gambar 4. 43. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Silinder umur 4 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 40. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Silinder Variasi 2 (dua) Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,54	251,918	14,256	145,371	179,269
2	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,30	392,986	22,238	226,764	
3	25 Mei 2023	29 Mei 2023	4	12,22	302,459	16,247	165,673	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata *beton fast* track silinder umur 4 hari adalah 179,269 kg/cm^2

. **Gambar 4. 44**. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 4 hari

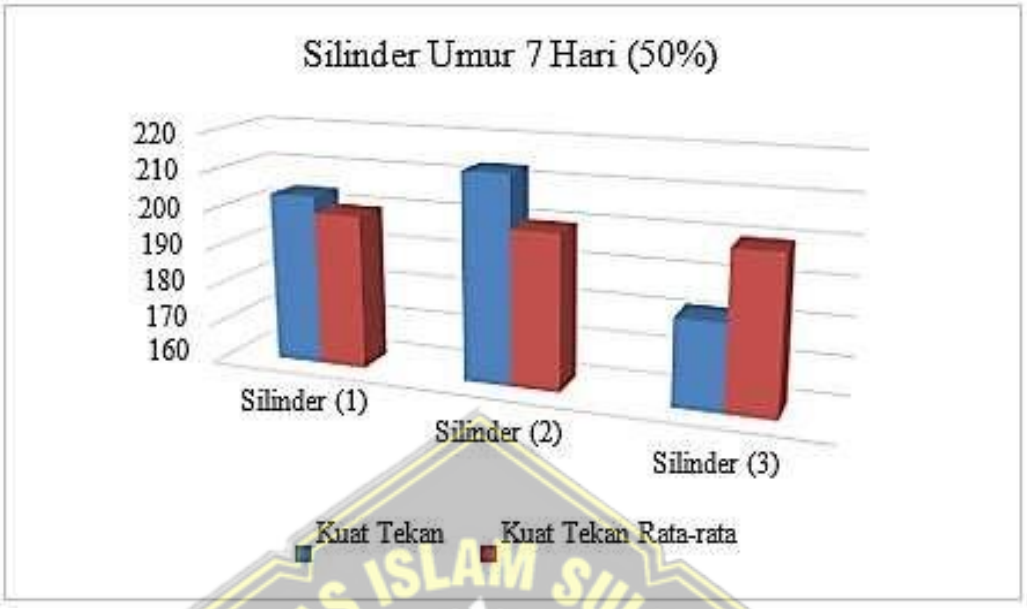
Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Balok umur 4 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 41. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track* 45 Balok Variasi 2 (dua) Umur 4 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,26	20,520	2,736	27,899	28,107
2	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,36	20,882	2,784	28,389	
3	26 Mei 2023	30 Mei 2023	4	30,31	20,765	2,749	28,032	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* silinder umur 4 hari adalah 28,107 kg/cm^2.

Data kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* umur 7 hari dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4. 45. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Silinder umur 4 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 42. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 1 (Satu) Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,02	353,366	19,996	203,902	199,711
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,60	369,451	20,907	213,192	
3	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,91	340,409	17,852	182,039	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton fast track silinder umur beton 7 hari adalah 199,711 kg/cm^2.

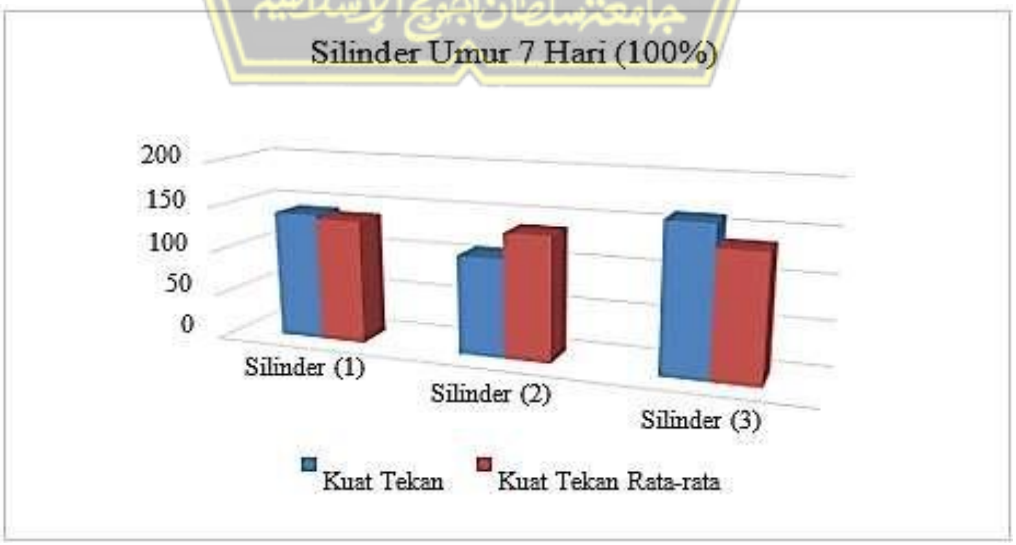
Gambar 4. 46. Grafik Balok kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Balok umur 7 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 43. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 1 (satu) Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,02	33,293	4,439	45,265	39,504
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,48	25,677	3,424	34,915	
3	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,11	27,423	3,759	38,331	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* balok umur beton 7 hari adalah 39,504 kg/cm^2.



Gambar 4. 47. Grafik Silinder kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45*

Silinder umur 7 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 44. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 2 (dua) Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	13,12	245,322	13,882	141,557	137,607
2	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,86	189,265	10,710	109,212	
3	25 Mei 2023	31 Mei 2023	7	12,62	277,142	15,892	162,053	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* silinder umur 7 hari adalah 137,607 kg/cm^2.

Gambar 4. 48. Grafik Silinder kuat tekan rata-rata *fast track* 7 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Balok umur 7 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 45. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 2 (dua) Umur 7 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	31,26	19,020	2,536	25,860	30,520
2	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	32,18	25,778	3,542	36,118	
3	26 Mei 2023	1 Juni 2023	7	30,32	21,432	2,901	30,989	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* balokumur 7 hari adalah 30,520 kg/cm^2.

Data kuat tekan rata-rata beton *fast track* 45 umur 28 hari dapat dilihat pada grafik berikut

Gambar 4. 49. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Silinder umur 7 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 46. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 1 (Satu) Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	13,20	633,526	35,850	365,568	290,628
2	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,82	413,253	23,285	237,441	
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,71	435,389	26,368	268,878	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* silinder umur 28 hari adalah 290,628 kg/cm^2.

Gambar 4. 50. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Balok umur 28 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 47. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 1 (Satu) Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	31,90	35,820	4,776	48,702	44,646
2	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,68	31,206	4,161	42,430	
3	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,49	31,613	4,198	42,808	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* balok umur 28 hari adalah 44,464 kg/cm^2.

Gambar 4. 51. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Silinder umur 28 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 48. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Silinder Variasi 2 (Dua) Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	Tekan Aktual Silinder *(MPa)*	Tekan Aktual Silinder (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	13,22	453,338	25,654	261,598	247,936
2	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,80	411,739	23,300	237,594	
3	25 Mei 2023	21 Juni 2023	28	12,51	421,057	23,989	244,619	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* silinder umur 28 hari adalah 247,936 kg/cm^2.

Gambar 4. 52. Grafik kuat tekan rata-rata *fast track* 28 hari

Gambar diatas menunjukan hasil kuat tekan rata-rata beton *fast track 45* Balok umur 28 hari dari hasil perhitungan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 49. Kuat Tekan Rata-rata Beton *Fast Track 45* Balok Variasi 2 (Dua) Umur 28 Hari

Sample	Tanggal		Umur *(hari)*	Berat *(Kg)*	Gaya Tekan (P) *(kN)*	TekanAktual Balok *(MPa)*	Tekan Aktual Balok (kg/cm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)
	Pembuatan	Pengujian						
1	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	31,04	34,339	4,579	46,693	44,527
2	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	32,02	28,619	3,816	38,912	
3	26 Mei 2023	22 Juni 2023	28	30,53	28,455	4,705	47,977	

Dari data yang diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track* balok umur 28 hari adalah 44,527 kg/cm^2.

Pengujian yang dilakukan pada beton normal dan beton variasi *fast track* 45 pada umur 4,7 dan 28 hari secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

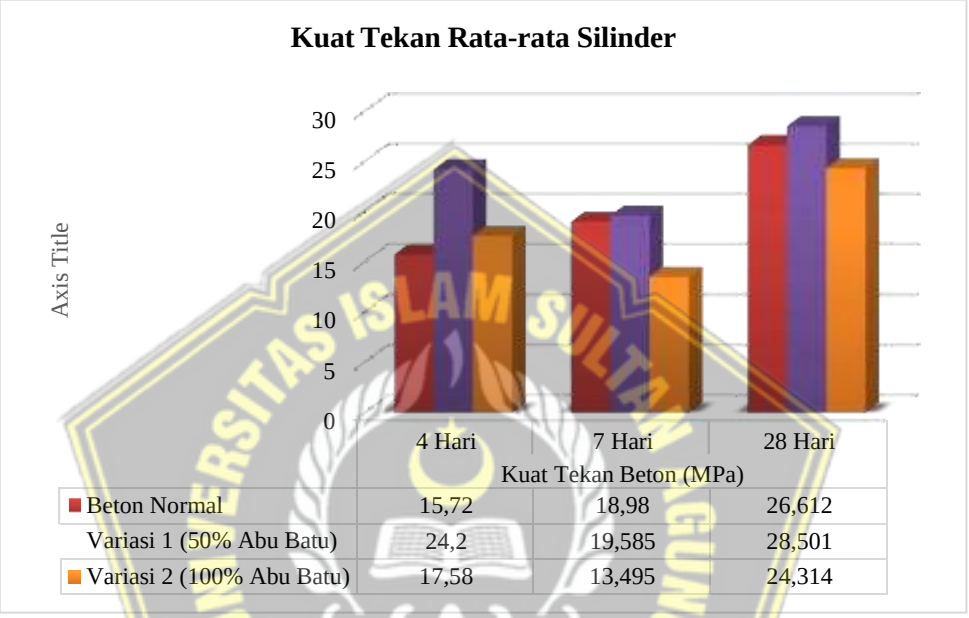
Tabel 4. 50. Kuat Tekan Rata-rata Beton Silinder Variasi

Variasi Benda Uji	Kuat Tekan Beton (MPa)		
	4 Hari	7 Hari	28 Hari
Beton Normal	15,720	18,98	26,612
Variasi 1 (50% Abu Batu)	24,20	19,585	28,501
Variasi 2 (100% Abu Batu)	17,580	13,495	24,314

Tabel 4. 51. Kuat Lentur Rata-rata Beton Balok Variasi

Variasi Benda Uji	Kuat Lentur Beton (MPa)		
	4 Hari	7 Hari	28 Hari
Beton Normal	3,516	3,754	4,105
Variasi 1 (50% Abu Batu)	3,659	3,874	4,378
Variasi 2 (100% Abu Batu)	2,756	2,993	4,367

Dari Tabel 4.50 diperoleh grafik kuat tekan rata-rata beton variasi di bawah ini



Gambar 4. 53. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton Silinder Variasi

Dari Tabel 4.51 diperoleh grafik kuat lentur rata-rata beton variasi di bawah ini

Gambar 4. 54. Grafik Kuat lentur Rata-rata Beton Balok Variasi

Berdasarkan Gambar diatas diketahui pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton menunjukkan penambahan abu batu pada persentase 50% memiliki nilai kuat tekan beton terbesar 28,501 Mpa dan kuat lentur beton terbesar 4,378 Mpa. Sedangkan benda uji yang menggunakan penambahan abu batu pada persentase 100% memiliki nilai kuat tekan beton terendah sebesar 13,495 Mpa dan nilai kuat lentur beton terendah sebesar 2,756 MPa. Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton mengalami peningkatan tertinggi pada variasi 1 yaitu dengan penambahan abu batu sebesar 50% tetapi setelah penambahan persentase abu batu menjadi 100% mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan penambahan abu batu membuat balok beton menjadi tidak elastis sehingganilai kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan.

- **Perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton variasi terhadap beton normal umur 4 hari**

  Nilai kuat tekan beton normal dengan beton fast track silinder variasi 1 (50% abu batu) terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai 15,720 MPa sedangkan beton fast track variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 25,68 MPa mengalami kenaikan sebesar 63% dan beton fast track silinder variasi 2 (100% abu batu) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 22,238 MPa mengalami kenaikan sebesar 41% .

  Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton fast track balok variasi 1 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai 3,516 MPa sedangkan beton fast track balok variasi 1 nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,439 MPa mengalami kenaikan sebesar 26% dan beton fast track balok variasi 2 nilai lentur maksimumnya mencapai 2,784 MPa mengalami penurunan sebesar 21%.

- **Perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton variasi terhadap beton normal umur 7 hari**

  Nilai kuat tekan beton normal dengan beton fast track silinder variasi 1 (50% abu batu) terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada

umur 7 hari nilai kuat tekannya bernilai 18,98 MPa sedangkan beton fast track variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 20,907 MPa mengalami kenaikan sebesar 10% dan beton fast track silinder variasi 2 (100% abu batu) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 15,892 MPa mengalami penurunan sebesar 16%.

Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton fast track balok variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 7 hari nilai kuat tekannya bernilai 3,754 MPa sedangkan beton fast track balok variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,439 MPa mengalami kenaikan sebesar 18% dan beton fast track balok variasi 2 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 3,542 MPa mengalami penurunan sebesar 6%.

- **Perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton variasi terhadap beton normal umur 28 hari**

  Nilai kuat tekan beton normal dengan beton fast track silinder variasi 1 (50% abu batu) terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 28 hari nilai kuat tekannya bernilai 26,612 MPa sedangkan beton fast track variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 35,850 MPa mengalami kenaikan sebesar 35% dan beton fast track silinder variasi 2 (100% abu batu) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 25,654 MPa mengalami penurunan sebesar 4%.

  Sedangkan nilai kuat lentur beton balok normal dengan beton fast track balok variasi 1 (satu) terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 28 hari nilai kuat tekannya bernilai 4,105 MPa sedangkan beton fast track balok variasi 1 nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,776 MPa mengalami kenaikan sebesar 16% dan beton fast track balok variasi 2 (dua) nilai kuat tekan maksimumnya mencapai 4,705 MPa mengalami kenaikan sebesar 15%.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka diperoleh job mix formula terbaik sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian didapatkan job mix formula terbaik beton *fast track* 45 pada penambahan abu batu 50% dengan kuat tekan sebesar 35,850 MPa diumur beton 28 hari.
2. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat lentur terbaik beton *fast track* 45 pada penambahan abu batu 50% dengan kuat tekan sebesar 4,776 Mpa diumur beton 28 hari. Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton mengalami peningkatan tertinggi pada variasi 1 yaitu dengan penambahan abu batu sebesar 50% tetapi setelah penambahan presentase abu batu sebesar 100% mengalami penurunan.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, analisis serta pembahasan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton *fast track* 45, maka penulis dapat menyarankan beberapa hal antara lain :

1. Pada proses pembuatan beton sebaiknya tercampur merata dengan baik, pada proses penumbukan harus maksimal karena proses pemadatan kurang maksimal dapat membuat kondisi sampel atau benda uji mengalami keropos sehingga dapat mempengaruhi hasil dari benda uji.
2. Sesuai dengan percobaan yang peneliti lakukan dengan nilai presentase komposisi abu batu sebesar 100% dan penambahan zat aditif *retarder type D* untuk beton *fast track* 45 perlu dikaji lebih lanjut untuk memperoleh peningkatan mutu beton.

DAFTAR PUSTAKA

Ari Kristanto, Agung Setiawan, E. W. (2021). Penggunaan Agregat Kasar Ukuran 2-3 cm Dengan Penambahan Abu Batu Untuk Campuran Beton Porous. *Jurnal Surya Beton*, *5*(e-ISSN : 2776-1606), 41–52.

Budiman, J. W. (2022). *Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir Budiman1*,. *3*(2), 40–43.

Harijanto, D., Wibowo, B., & Ismoyo, W. (2019). Komparasi Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Untuk Mengurangi Harga Pokok Produksi Dalam Pembuatan Beton Ranti. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, *3*(2), 1–10.

Hidayawanti, R., Widjoyo, I., Nur, H., & Febriany, F. (2022). *Komparasi Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Untuk Mengurangi Harga Pokok Produksi Dalam Pembuatan Beton Ranti*. *11*(1), 22–28.

Jalali, Khaeril, N. A. (2015). Pengaruh Variasi Pasir Dan Abu Batu Pada Beton Beragregat Kasar Pellet Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur. *PROKONSJurusanTeknikipil*,*9*(1),55. https://doi.org/10.33795/prokons.v9i1.84

K. P. D. jenderal bina marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, *September*.

Nasional, B. S. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *SK SNI*, *3*, 2834-2000.

Niaga, S. S. (2011, October 11). "Apa Itu Beton Fast Track ? Apa Saja Kegunaannya?". https://www.niagasinarsentosa.co.id/apa-itu-beton-fast-track-apa-saja-kegunaannya/

Nurfitriani, N., Wibawa, T. P., & Amalia, A. (2019, October). Kualitas Beton Normal Dengan Penambahan Retarder. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil* (Vol. 1, No. 1, pp. 22-27).

Nurjaman, B. Z., Roestaman, R., & Walujodjati, E. (2021). Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus Alami Terhadap Sifat-SifatBeton.*JurnalKonstruksi19*(1),31–42. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.890

Prof. Dr. Antonius A (2023). JACEE (Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering)

Putra, F. Z., Prihantono, S. T., & Murtinugraha, E. (2014). Studi Kuat Tekan Beton yang Mengalami Penundaan Penuangan dengan Penambahan Bahan Tambah Retarder. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, *9*(2), 10-10.

Raditya Pradhipta. (2022). *Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Karakteristik Beton Pada Mutu30 Mpa*.

Sukmaningtyas, D. H., Azizi, A., & Al Fathoni, M. A. S. (2020). Analisis Kuat Tekan Beton Fast Track Dengan Bahan Tambah Master Glenium Ace 8111. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, *1*(2), 77–86. https://doi.org/10.30595/civeng.v1i2.9299

Umum, S. (2018). Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga*.