

**ANALISIS BETON FAST TRACK FC'21 MPA DENGAN
PENAMBAHAN SERAT BAJA DRAMIX DAN
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) SEBAGAI
SUBSTITUSI COARSE AGREGAT UNTUK KELAS JALAN III**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Mencapai
Gelar Magister Teknik Sipil**



Disusun Oleh :

**Muhammad Najib
20202300131**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

ANALISIS BETON FAST TRACK FC'21 MPA DENGAN PENAMBAHAN SERAT BAJA DRAMIX DAN POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) SEBAGAI SUBSTITUSI COARSE AGREGAT UNTUK KELAS JALAN III

Disusun oleh :

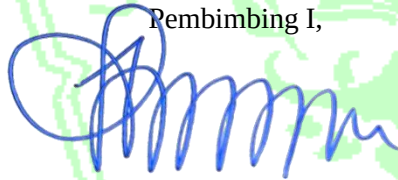
MUHAMMAD NAJIB

NIM : 20202300131

Telah disetujui oleh :

Tanggal, 05 Februari 2025

Pembimbing I,

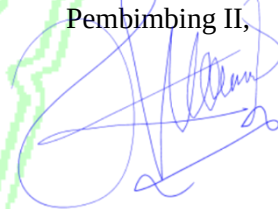


Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D.

NIDN: 0605016802

Tanggal, 31 Januari 2025

Pembimbing II,



Dr Juny Andry Sulisty, ST, MT

NIDN. 0611118903

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS BETON FAST TRACK FC'21 MPA DENGAN PENAMBAHAN SERAT BAJA DRAMIX DAN POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) SEBAGAI SUBSTITUSI COARSE AGREGAT UNTUK KELAS JALAN III

Disusun oleh :

MUHAMMAD NAJIB

NIM : 20202300131

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
26 Januari 2025

Tim Penguji:

1. Ketua



2. Anggota
Dr. Ir. Soedarsono, M.Si



3. Anggota
Prof. Dr. Ir. Antonius, MT



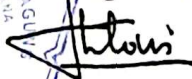
Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, 12 Februari 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik


Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NIK. 210200031

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Muhammad Najib
NIM 20202300131

Dengan ini menyatakan bahwa Tesis yang Berjudul :

ANALISIS BETON FAST TRACK FC'21 MPA DENGAN PENAMBAHAN SERAT BAJA DRAMIX DAN POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) SEBAGAI SUBSTITUSI COARSE AGREGAT UNTUK KELAS JALAN III

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 17 Februari 2025



Muhammad Najib
NIM : 20202300131

MOTTO

فَعَلَى هَالِكٍ الْمَلِكِ الْحَقُّ ۖ وَلَ تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ ۚ وَقُلْ رَ ابِّ زِدْنِي عِلْمًا

Maka Maha Tinggi Allah Raja Yang sebenar-benarnya, dan janganlah kamu tergesa-gesa membaca Al qur'an sebelum disempurnakan mewahyukannya kepadamu, dan katakanlah: “Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan”. (Thaha ; 114)

اللّٰهُ الْهَدْيِ خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الرِّزْقِ مِثْلَهُ هُنَّ يَنْزِلُ هَزْلُ الْمُرُ بَيْنَهُ هُنَّ لِنَعْلَمُوا أ هُنَّ هَالِكٌ عَلَىٰ كِ الْ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأ هُنَّ هَالِكٌ قَدْ أَحَاطَ بِكَ الْ شَيْءِ عِلْمًا

Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu.(At Talaq ;12)

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللّٰهِ ۚ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَّهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَآكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

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)

وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ ۚ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَ ابِّ وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا هَلًا قَلِيلًا

Dan mereka bertanya kepadamu tentang roh. Katakanlah: “Roh itu termasuk urusan Tuhan-ku, dan tidaklah kamu diberi pengetahuan melainkan sedikit”. (Al Isra ;85)

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. Istri saya Zuliyanti, dan anak perempuan Gwen Syareefa putri najab , dan Gaishan elnore salman najib, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D dan Bapak Dr. Juny Andry sulisty, ST., MT.yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan 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 telah mensupport saya
5. Semua teman-teman Kantor Grisindo Team dan teman-teman Magister Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 52, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Muhammad Najib

NIM : 20202300131

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan kehendak-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis ini yang berjudul “Analisis Beton Fast Track Fc’21 Mpa Dengan Penambahan Serat Baja Dramix Dan Polyethylene Terephthalate (PET) Sebagai Substitusi Coarse Agregat Untuk Kelas Jalan III”. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dalam Penyusunan Tesis ini penulis mendapat bimbingan, arahan, semangat dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada ;

1. Dr. Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas perhatian serta kesediaan membimbing, membantu dan mendukung penelitian ini dari awal hingga akhir.
2. Dr. Juny Andry sulisty, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberi masukan yang membangun dalam penyusunan laporan Tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang terima kasih banyak atas ilmu yang telah diberikan.
5. Orang Tua, Istri, Kakak, saudara yang selalu memberikan doanya dan semangat setiap harinya kepada Penulis untuk menyelesaikan Tesis ini.
6. Rekan-rekan kerja PT. Griya Kontruksi Indonesia yang senantiasa mendukung

Semarang, Desember 2024

Penulis

DAFTAR ISI

TESIS	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Deskripsi Beton.....	5
2.2. Bahan Penyusun Beton	6
2.2.1. Agregat.....	6
2.2.2. Agregat Kasar	7
2.2.3. Agregat Halus	8
2.2.4. Portland Cement.....	10
2.2.5. Air	11
2.2.6. Bahan Tambah	12
2.2.7. Serat Baja Dramix.....	12
2.2.8. Polyethylene Terephthalate (PET).....	13
2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton	13
2.3.1 Workability	13
2.3.2 Durability	14
2.3.3. Kuat Tekan Beton	14
2.3.4. Kuat Lentur	15
2.4. Penelitian Terdahulu	16

2.5. Keaslian Penelitian.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1. Persiapan.....	23
3.2. Bahan	24
3.3. Peralatan.....	25
3.4. Rencana Komposisi Campuran Penelitian Beton	26
3.5. Pengujian Material	30
3.6. Pembuatan Benda Uji.....	30
3.7. Uji Kuat Tekan.....	32
3.8. Uji Kuat Lentur	32
3.9. Bagan Alir.....	34
3.10. Metode Analisis	35
BAB IV HASIL PENELITIAN	37
4.1. Persiapan Material	37
4.2. Pengujian Laboratorium.....	38
4.2.1. Pengujian Agregat.....	38
4.2.2. Pemeriksaan Kadar Lumpur	39
4.2.3. Pemeriksaan Kadar Air	42
4.2.4. Pengujian Kombinasi Agregat	44
4.3. Komposisi Material Beton	45
4.4. Mix Design Beton <i>Fast Track</i> 30.....	51
4.5. Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal <i>Fast Track</i> 30.....	52
4.5.1 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal 4 Hari	52
4.5.2 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal 7 Hari	55
4.5.3 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal 14 Hari	59
4.5.4 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal 21 Hari	62
4.5.5 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal 28 Hari	65
4.5.6 Rekapitulasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal	69
4.6. Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> 30	71
4.6.1 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix 4 Hari	71
4.6.2 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix 7 Hari	74
4.6.3 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix 14 Hari	78
4.6.4 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix 21 Hari	81
4.6.5 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix 28 Hari	85
4.6.6 Rekapitulasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix.....	88
4.7. Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET <i>Fast Track</i> 30	90

4.7.1 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET 4 Hari.....	90
4.7.2 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET 7 Hari.....	93
4.7.3 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET 14 Hari.....	97
4.7.4 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET 21 Hari.....	100
4.7.5 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET 28 Hari.....	104
4.7.6 Rekapitulasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg PET.....	107
4.8. Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Fast Track 30	109
4.8.1 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET 4 Hari ...	109
4.8.2 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET 7 Hari ...	112
4.8.3 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET 14 Hari	116
4.8.4 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET 21 Hari	119
4.8.5 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET 28 Hari	123
4.8.6 Rekapitulasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg PET	126
4.9. Pembahasan Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan & Lentur Beton	128
4.10. Job Mix Kuat Tekan Terbaik Beton Fast Track 30.....	128
4.11. Job Mix Kuat Lentur Terbaik Beton Fast Track 30.....	130
BAB V PENUTUP.....	132
5.1. Kesimpulan.....	132
5.2. Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Serat Baja Dramix	36
Gambar 3. 2. Agregat dari Limbah Plastik PET.....	42
Gambar 3. 3. Bagan Alir Penelitian.....	42
Gambar 4. 1. Pengambilan Agregat Material Pasir Muntilan	37
Gambar 4. 2. Spesifikasi Bahan Tambah Dramix 3D	37
Gambar 4. 3. Pembuatan bahan tambah agregat PET	38
Gambar 4. 4. Grafik Kombinasi Agregat	44
Gambar 4. 5. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen	51
Gambar 4. 6. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	52
Gambar 4. 7. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	53
Gambar 4. 8. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari (Benda Uji 3).....	53
Gambar 4. 9. Grafik Kuat Lentur Beton Normal Umur 4 Hari (Benda Uji 1)	54
Gambar 4. 10. Grafik Kuat Letur Beton Normal Umur 4 Hari (Benda Uji 2)	55
Gambar 4. 11. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	56
Gambar 4. 12. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	56
Gambar 4. 13. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari (Benda Uji 3).....	57
Gambar 4. 14. Grafik Kuat Lentur Beton Normal Umur 7 Hari (Benda Uji 1)	58
Gambar 4. 15. Grafik Kuat Letur Beton Normal Umur 7 Hari (Benda Uji 2)	58
Gambar 4. 16. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari (Benda Uji 1)....	59
Gambar 4. 17. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari (Benda Uji 2)....	60
Gambar 4. 18. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari (Benda Uji 3)....	60
Gambar 4. 19. Grafik Kuat Lentur Beton Normal Umur 14 Hari (Benda Uji 1) ...	61
Gambar 4. 20. Grafik Kuat Letur Beton Normal Umur 14 Hari (Benda Uji 2)	62
Gambar 4. 21. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 21 Hari (Benda Uji 1)....	63
Gambar 4. 22. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 21 Hari (Benda Uji 2)....	63
Gambar 4. 23. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 21 Hari (Benda Uji 3)....	64
Gambar 4. 24. Grafik Kuat Lentur Beton Normal Umur 21 Hari (Benda Uji 1) ...	65
Gambar 4. 25. Grafik Kuat Letur Beton Normal Umur 21 Hari (Benda Uji 2)	65
Gambar 4. 26. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari (Benda Uji 1)....	66
Gambar 4. 27. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari (Benda Uji 2)....	67
Gambar 4. 28. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari (Benda Uji 3)....	67
Gambar 4. 29. Grafik Kuat Lentur Beton Normal Umur 28 Hari (Benda Uji 1) ...	68
Gambar 4. 30. Grafik Kuat Letur Beton Normal Umur 28 Hari (Benda Uji 2)	68
Gambar 4. 31. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Normal Umur 4,7,14 dan 28 Hari	69
Gambar 4. 32. Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Beton Normal Umur 4,7,14 dan 28 Hari	70
Gambar 4. 33. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	71
Gambar 4. 34. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	72
Gambar 4. 35. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 4 Hari (Benda Uji 3).....	72
Gambar 4. 36. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	73
Gambar 4. 37. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix Umur 4 Hari	

(Benda Uji 2).....	74
Gambar 4. 38. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	75
Gambar 4. 39. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	75
Gambar 4. 40. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 7 Hari (Benda Uji 3).....	76
Gambar 4. 41. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	77
Gambar 4. 42. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	77
Gambar 4. 43. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	78
Gambar 4. 44. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	79
Gambar 4. 45. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 14 Hari (Benda Uji 3).....	79
Gambar 4. 46. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	80
Gambar 4. 47. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	81
Gambar 4. 48. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	82
Gambar 4. 49. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	82
Gambar 4. 50. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 21 Hari (Benda Uji 3).....	83
Gambar 4. 51. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	84
Gambar 4. 52. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	84
Gambar 4. 53. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	85
Gambar 4. 54. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	86
Gambar 4. 55. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 28 Hari (Benda Uji 3).....	86
Gambar 4. 56. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	87
Gambar 4. 57. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	87
Gambar 4. 58. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	88
Gambar 4. 59. Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	89
Gambar 4. 60. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	90
Gambar 4. 61. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	91
Gambar 4. 62. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 4 Hari	

(Benda Uji 3).....	91
Gambar 4. 63. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	92
Gambar 4. 64. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Agregat PET Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	93
Gambar 4. 65. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	94
Gambar 4. 66. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	94
Gambar 4. 67. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 7 Hari (Benda Uji 3).....	95
Gambar 4. 68. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	96
Gambar 4. 69. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Agregat PET Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	96
Gambar 4. 70. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	97
Gambar 4. 71. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	98
Gambar 4. 72. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 14 Hari (Benda Uji 3).....	98
Gambar 4. 73. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	99
Gambar 4. 74. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Agregat PET Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	100
Gambar 4. 75. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	101
Gambar 4. 77. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	101
Gambar 4. 78. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 21 Hari (Benda Uji 3).....	102
Gambar 4. 79. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	103
Gambar 4. 78. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Agregat PET Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	103
Gambar 4. 79. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	104
Gambar 4. 80. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	105
Gambar 4. 81. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 28 Hari (Benda Uji 3).....	105
Gambar 4. 82. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	106
Gambar 4. 83. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Agregat PET Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	106
Gambar 4.84. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat PET Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	107
Gambar 4. 85. Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Beton Substitusi Agregat PET Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	108
Gambar 4. 86. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	

Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	109
Gambar 4. 87. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	110
Gambar 4. 88. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 4 Hari (Benda Uji 3).....	110
Gambar 4. 89. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 4 Hari (Benda Uji 1).....	111
Gambar 4. 90. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 4 Hari (Benda Uji 2).....	112
Gambar 4. 91. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	113
Gambar 4. 92. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	113
Gambar 4. 93. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 7 Hari (Benda Uji 3).....	114
Gambar 4. 94. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 7 Hari (Benda Uji 1).....	115
Gambar 4. 95. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 7 Hari (Benda Uji 2).....	115
Gambar 4. 96. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	116
Gambar 4. 97. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	117
Gambar 4. 98. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 14 Hari (Benda Uji 3).....	117
Gambar 4. 99. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 14 Hari (Benda Uji 1).....	118
Gambar 4. 100. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 14 Hari (Benda Uji 2).....	119
Gambar 4. 101. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	120
Gambar 4. 102. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	120
Gambar 4. 103. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 21 Hari (Benda Uji 3).....	121
Gambar 4. 104. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 21 Hari (Benda Uji 1).....	122
Gambar 4. 105. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 21 Hari (Benda Uji 2).....	122
Gambar 4. 106. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	123
Gambar 4. 107. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	124
Gambar 4. 108. Grafik Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 28 Hari (Benda Uji 3).....	124
Gambar 4. 109. Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 28 Hari (Benda Uji 1).....	125
Gambar 4. 110. Grafik Kuat Letur Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	
Umur 28 Hari (Benda Uji 2).....	125
Gambar 4. 111. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix +	

Aggregat PET Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	126
Gambar 4. 112. Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix +	
Aggregat PET Umur 4,7,14 dan 28 Hari.....	127
Gambar 4. 113. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Terbaik Campuran Beton.....	129
Gambar 4. 114. Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Terbaik Campuran Beton	131



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Sifat Agregat Kasar	8
Tabel 2. 2. Gradasi Saringan Agregat Halus	9
Tabel 2. 3. Senyawa penyusun <i>portland cement</i>	11
Tabel 2. 4. Perbandingan Penelitian	16
Tabel 2. 5. Rencana Penelitian	21
Tabel 3. 1. Komposisi Material Campuran Beton Normal	26
Tabel 3. 2. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m ³ ke molen kecil	26
Tabel 3. 3. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix	27
Tabel 3. 4. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix per 1 m ³ ke molen kecil	27
Tabel 3. 5. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Agregat PET	28
Tabel 3. 6. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Agregat PET per 1 m ³ ke molen kecil	28
Tabel 3. 7. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	29
Tabel 3. 8. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix + Agregat PET per 1 m ³ ke molen kecil	29
Tabel 4. 1. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat	38
Tabel 4. 2. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	39
Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	40
Tabel 4. 4. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	40
Tabel 4. 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	42
Tabel 4. 6. Data Perhitungan Kadar Air Agregat	42
Tabel 4. 7. Hasil Perhitungan Kadar Air Agregat	43
Tabel 4. 8. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Kombinasi Agregat	42
Tabel 4. 9. Komposisi Material Campuran Beton Normal	45
Tabel 4. 10. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m ³ ke molen kecil	45
Tabel 4. 11. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix	46
Tabel 4. 12. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix per 1 m ³ ke molen kecil	46
Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Agregat PET	47
Tabel 4. 14. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Agregat PET per 1 m ³ ke molen kecil	47
Tabel 4. 15. Komposisi Material Campuran Beton Substitusi Dramix + Agregat PET	48
Tabel 4. 16. Presentase Komposisi Material Campuran Beton Substitusi	

Dramix + Agregat PET per 1 m ³ ke molen kecil	49
Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran dengan zat aditif per 0,02 m ³	49
Tabel 4. 18. <i>Job Mixed Design</i>	48
Tabel 4. 19. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Silinder Umur 4 Hari	52
Tabel 4. 20. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Balok Umur 4 Hari	54
Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Silinder Umur 7 Hari	55
Tabel 4. 22. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Balok Umur 7 Hari	57
Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Silinder Umur 14 Hari	59
Tabel 4. 24. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Balok Umur 14 Hari	61
Tabel 4. 25. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Silinder Umur 21 Hari	62
Tabel 4. 26. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Balok Umur 21 Hari	64
Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Silinder Umur 28 Hari	66
Tabel 4. 28. Hasil Pengujian Beton Normal <i>Fast Track</i> Balok Umur 28 Hari	67
Tabel 4. 29. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Silinder	69
Tabel 4. 30. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Lentur Beton Normal Balok	70
Tabel 4. 31. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Silinder Umur 4 Hari	71
Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Balok Umur 4 Hari	73
Tabel 4. 33. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Silinder Umur 7 Hari	74
Tabel 4. 34. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Balok Umur 7 Hari	76
Tabel 4. 35. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Silinder Umur 14 Hari	78
Tabel 4. 36. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Balok Umur 14 Hari	80
Tabel 4. 37. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Silinder Umur 21 Hari	81
Tabel 4. 38. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Balok Umur 21 Hari	83
Tabel 4. 39. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Silinder Umur 28 Hari	85
Tabel 4. 40. Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix <i>Fast Track</i> Balok Umur 28 Hari	86
Tabel 4. 41. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Dramix Silinder	88
Tabel 4. 42. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix Silinder	89
Tabel 4. 43. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 4 Hari	90
Tabel 4. 44. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 4 Hari	92
Tabel 4. 45. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 7 Hari	93
Tabel 4. 46. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 7 Hari	95
Tabel 4. 47. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 14 Hari	97
Tabel 4. 48. Hasil Pengujian Beton Substitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok	

Umur 14 Hari.....	99
Tabel 4. 49. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 21 Hari	100
Tabel 4. 50. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 21 Hari.....	102
Tabel 4. 51. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 28 Hari	104
Tabel 4. 52. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 28 Hari.....	105
Tabel 4. 53. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Agregat PET Silinder	107
Tabel 4. 54. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Lentur Beton Subtitusi Agregat PET Silinder	108
Tabel 4. 55. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 4 Hari.....	109
Tabel 4. 56. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 4 Hari.....	111
Tabel 4. 57. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 7 Hari.....	112
Tabel 4. 58. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 7 Hari.....	114
Tabel 4. 59. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 14 Hari.....	116
Tabel 4. 60. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 14 Hari.....	118
Tabel 4. 61. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 21 Hari.....	119
Tabel 4. 62. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 21 Hari.....	121
Tabel 4. 63. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Silinder Umur 28 Hari.....	123
Tabel 4. 64. Hasil Pengujian Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET <i>Fast Track</i> Balok Umur 28 Hari.....	124
Tabel 4. 65. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET Silinder	126
Tabel 4. 66. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Dramix + Agregat PET Silinder	127
Tabel 4. 67. Hasil Rata-rata Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton.....	128
Tabel 4. 68. Hasil Rata-rata Rekapitulasi Pengujian Kuat Lentur Beton	129

**ANALISIS BETON *FAST TRACK FC'21 MPA* DENGAN PENAMBAHAN
SERAT BAJA *DRAMIX* DAN *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)*
SEBAGAI SUBSTITUSI COARSE AGREGAT UNTUK
KELAS JALAN III**

Muhammad Najib^{*}, Rachmad Moediyono², & Junny Andry Sulisty³

¹ *Civil Engineering*, ²Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia;

Email : najib082133355722@gmail.com

ABSTRAK

Beton *fast track* adalah beton siap pakai yang cepat mengeras dan dapat langsung digunakan untuk lalu lintas. Beton ini memiliki spesifikasi khusus yang mencakup kebutuhan beton segmen perkerasan jalan yang dibuka untuk lalu lintas disaat umur beton belum 7 hari. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan perbandingan substitusi pencampuran serat baja *dramix* dan agregat *Polyethylene Terephthalate (PET)*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan pengujian silinder dan balok beton dengan uji tekan dan lentur dengan empat komposisi beton normal, beton substitusi serat baja *dramix*, beton substitusi agregat *Polyethylene Terephthalate (PET)* dan beton dengan kombinasi serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)*. Pengujian komposisi tersebut dilakukan pada beton *fast track* dengan mutu *fc'21 Mpa* dalam waktu 4 hari meliputi kuat tekan dan kuat lentur saat benda uji berumur 4, 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan beton substitusi *dramix* memiliki hasil terbaik dengan nilai kuat tekan rata-rata beton *fast track 21 Mpa* dalam waktu 4 hari sebesar 29,92 Mpa dan kuat letur sebesar 3,59 Mpa lebih besar disbanding dengan campuran beton substitusi substitusi agregat *Polyethylene Terephthalate (PET)* memperoleh rata-rata kuat tekan 20,785 dan kuat lentur 3,35 dalam umur beton 4 hari dan Beton kombinasi substitusi *dramix* dan agregat *Polyethylene Terephthalate (PET)* memiliki nilai rata-rata kuat tekan 21,31 Mpa da Kuat lentur 3,41 Mpa pada umur 4 hari, yang nantinya nilai tersebut akan terus bertambah sampai umur perendaman 28 hari.

Kata kunci: Campuran Beton *Fast track*, Serat Baja *Dramix*, *Polyethylene Terephthalate (PET)*
Kuat Tekan, Kuat Lentur

ANALYSIS OF FC'21 MPA FAST TRACK CONCRETE WITH THE ADDITION OF DRAMIX STEEL FIBERS AND POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) AS A SUBSTITUTION FOR COARSE AGGREGATE FOR ROAD CLASS III

Muhammad Najib^{*}, Rachmad Moediyono², & Junny Andry Sulisty³

¹ *Civil Engineering*, ²Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia;

Email : najib082133355722@gmail.com

ABSTRACT

Fast track concrete is a ready-mix concrete that hardens quickly and can be used directly for traffic. This concrete has special specifications that cover the needs of road pavement segment concrete that is opened for traffic when the concrete age is less than 7 days. This study aims to determine the value of compressive strength and flexural strength of concrete with a comparison of substitution of dramix steel fiber and Polyethylene Terephlate (PET) aggregate. This study uses an experimental method with a trial of testing concrete cylinders and beams with compressive and flexural tests with four compositions of normal concrete, dramix steel fiber substitution concrete, Polyethylene Terephlate (PET) aggregate substitution concrete and concrete with a combination of dramix steel fiber and Polyethylene Terephlate (PET). The composition test was carried out on fast track concrete with a quality of fc'21 Mpa within 4 days including compressive strength and flexural strength when the test object was 4, 7, 14, 21 and 28 days old. The results of the study showed that the use of dramix substitution concrete had the best results with an average compressive strength value of 21 Mpa fast track concrete within 4 days of 29.92 Mpa and a flexural strength of 3.59 Mpa greater than the mixture of substitution concrete Polyethylene Terephlate (PET) aggregate substitution obtained an average compressive strength of 20.785 and flexural strength of 3.35 in a concrete age of 4 days and the combination of dramix substitution and Polyethylene Terephlate (PET) aggregate concrete had an average compressive strength value of 21.31 Mpa and Flexural strength of 3.41 Mpa at the age of 4 days, which later the value will continue to increase until the immersion age of 28 days.

Keywords: Fast track concrete mix, Dramix steel fiber, Polyethylene Terephthalate (PET) Compressive strength, Flexural strength.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton *fast track* adalah beton siap pakai yang cepat mengeras dan dapat langsung digunakan untuk lalu lintas. Beton ini memiliki spesifikasi khusus yang mencakup kebutuhan beton segmen perkerasan jalan beton. Perkerasan jalan ini bisa dibuka untuk lalu lintas disaat umur beton belum 7 hari. Beton perkerasan kaku untuk pembukaan lalu lintas awal yang digunakan dalam spesifikasi ini adalah beton kuat tekan tinggi. Dimana kuat tekan beton harus sudah mencapai 250 kg/cm^2 (20,95 MPa) pada umur beton 28 hari.

Secara umum, agregat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut Standar ASTM, agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm dan agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm. Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah bahan granular seperti pasir, kerikil, batu pecah dan terak pijar, yang digunakan dengan media pengikat untuk membentuk beton atau mortar semen hidrolik. Dari sudut pandang sumber, agregat dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu agregat alami dan agregat buatan. Contoh agregat dari sumber alam adalah pasir dan kerikil alam sedangkan agregat buatan adalah agregat dari *stone crusher*, *blast furnace slag*, *tile chips*, beton pecah dan lain-lain (Mulyono, 2014).

Bahan tambah dalam campuran beton kali ini yang digunakan bersifat fisik adalah serat baja *dramix* (*steel fibers*). Serat baja memiliki sifat yang baik dalam hal kuat tariknya. Di Indonesia konsep pemakaian serat pada adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal dan belum dipakai dalam praktek. Hal ini juga dimaksudkan agar serat-serat tersebut dapat berfungsi sebagai tulangan mikro yang tersebar secara acak dalam beton. Sehingga beton tidak mengalami retakan- retakan yang terlalu dini akibat pembebanan maupun panas hidrasi (Sorousihan dan Bayasi, 1987). Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan-tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan terus meningkat.

Limbah plastik merupakan masalah yang sangat sering di jumpai di daerah perkotaan maupun pedesaan. Penggunaan plastik dalam setiap tahunnya akan terus mengalami peningkatan karena produk makanan, minuman semuanya menggunakan bahan yang terbuat dari plastik. Namun plastik yang dimaksud adalah plastik yang susah berkontaminasi dengan tanah atau biasa disebut dengan prototipe beton plastik dengan bahan dasar agregat plastik hasil daur ulang, dari limbah anorganik, yang sulit hancur dengan sendirinya. Hal inilah yang menyebabkan jumlah sampah plastik pun ikut bertambah Oleh karena itu, untuk mengurangi limbah ini maka volume limbah ini dimanfaatkan dalam pembangunan

Pada penelitian yang dilakukan berikut ini digunakan komposisi pengganti sebagian coarse aggregate dengan *Polyethylene Terephthalate (PET)* serta bahan tambah serat baja *dramix* dari agregat. Beton yang saat ini kami teliti menggunakan mutu beton *Fast Track 21 Mpa* dalam 4 hari.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini peneliti menemukan rumusan masalah meliputi:

1. Bagaimana job mix desain beton *fast track $f_c' 21$ Mpa* dengan substitusi serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)* pada beton?
2. Bagaimana model perilaku mekanik beton serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)* seperti: Kuat tekan dan Kuat lentur?

1.3. Tujuan

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Mencari job mix desain beton *fast track $f_c' 21$ Mpa* dengan substitusi serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)*, dan merekomendasi kadar serat baja yang cocok untuk digunakan di dalam pelaksanaan.
- 2 Melakukan perbandingan antara perilaku mekanik beton serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)* dengan perilaku mekanik beton normal.

1.4 Manfaat

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Sebagai salah satu ilmu pengetahuan dan menambah wawasan khususnya pada bahan campuran beton
2. Mengetahui besarnya kuat tekan dan kuat lentur *Fast track f_c ' 21 Mpa* dengan substitusi serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)* dibandingkan dengan campuran beton normal
3. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya, terutama pengaruh penambahan serat baja *dramix* dan *Polyethylene Terephthalate (PET)* terhadap perilaku mekanis beton.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini harus dibatasi supaya menyimpang dari tujuan penelitiannya. Adapun beberapa lingkup penelitian ini terbatas pada ketentuan sebagai berikut:

1. Bahan campuran beton *Fast track f_c ' 21 Mpa* menggunakan substitusi serat baja *dramix* dan *Polyethylene Tereflat(PET)*
2. Variasi *Polyethylene Terephthalate (PET)* untuk substitusi Agregat 1 Kasar dan serat baja *dramix* sebagai substitusi *agregat halus* pada beton.
3. Gradasi pada campuran *job mix* beton ini berdasarkan pada gradasi agregat gabungan sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Divisi 5 Revisi 2018.
4. Kinerja yang diukur adalah Kuat Tekan dan Kuat lentur
5. Pengujian dengan metode uji kuat tekan dan kuat lentur dilakukan dalam kondisi suhu ruangan serta menggunakan acuan spesifikasi Bina Marga Revisi I Divisi 5 2018.
6. Penelitian dititik beratkan pada hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur, tidak pada reaksi kimia yang terjadi pada saat penyampuran bahan.
7. Penelitian hanya dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Kontruksi Fakultas Teknik Univeraitas Islam Agung

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (additif) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampaimenjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan- bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedimikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi,2016).

Beton adalah suatu bahan bangunan yang telah digunakan secara luas. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air dan agregat pada perbandingan tertentu, dimana dalam jangka waktu tertentu akan mengeras (Rosida, 2007 dalam Supriadi,2016). Defenisi beton menurut SK SNI T-15-1990- 03 adalah campuran antara semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan campuran yang membentuk massa padat.

Material bahan pembentuk beton secara garis besar dipecah menjadi dua bahan aktif dan bahan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Kelompok aktif adalah semen Portland dan air, sebaliknya kelompok pasif (memperbesar volume) yaitu agregat yang terbagi atas agregat kasar

dan agregat halus (Revilla et al, 2020). Kelompok pasif disebut sebagai perekat atau pengikat. Bahan tambah ialah bahan yangbukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pencampuran (Asteris et al, 2019).

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Agregat

Agregat adalah partikel mineral alami yang bertindak sebagai pengisi campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya tinggi, berkisar 60% - 70% dari volume beton. Walaupun perannya hanya sebagai bahan pengisi, karena komposisinya yang cukup besar, sifat – sifat agregat berpengaruh langsung terhadap kinerja beton. Sifat yang paling penting dari agregat adalah kekuatan tekan dan ketahanan benturan yang mempengaruhi pengikatannya pada bubur semen, porositas dan sifat penyerapan air yang mempengaruhi ketahanan kimia dan ketahanan susut.

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah bahan granular seperti pasir, kerikil, batu pecah dan terak pijar, yang digunakan dengan media pengikat untuk membentuk beton atau mortar semen hidrolik. Dari sudut pandang sumber, agregat dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu agregat alami dan agregat buatan. Contoh agregat dari sumber alam adalah pasir dan kerikil alam sedangkan agregat buatan adalah 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.

Agregat adalah batuan yang mengandung senyawa kimia sehingga memiliki karakteristik kekuatan dan berat jenis yang berbeda. Agregat menyumbang sekitar 75% dari total isi beton dan sifat-sifat agregat memiliki pengaruh besar pada sifat-sifat 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. Agregat yang digunakan dalam campuran beton berupa agregat alam dan agregat buatan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 agregat dapat dibedakan menurut ukurannya yaitu agregat kasar dan agregat halus.

2.2.2 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar adalah hasil penguraian alami dari batuan atau kerikil berupa batu pecah yang diperoleh dari industri penghancur dengan ukuran partikel antara 5 mm sampai dengan 40 mm. Agregat kasar ini harus bebas dari bahan organik dan mempunyai ikatan yang baik. Persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
- b. Agregat kasar terdiri dari butiran keras dan tidak memiliki pori. Butir-butir agregat kasar bersifat kekal, maknanya tidak dapat pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat perusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Tabel 2.1. Sifat Agregat Kasar

Sifat-sifat	Metoda Pengujian	Ketentuan
Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Tidak melampaui 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

Menurut SNI 03-6820-2002:171 agregat halus adalah agregat berupa pasir alam (*natural sand*) yang dihasilkan dari pemecahan batu secara alami. Agregat halus bisa juga berupa pasir buatan (*artificial sand*) yang dihasilkan dari peralatan pemecahan batu dalam ukuran kecil berkisar 0,15 mm – 5 mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, tanah liat dan partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200 atau bahan lain yang dapat merusak beton.

Agregat halus merupakan mineral alam yang berfungsi sebagai pengisi pada campuran beton yang berukuran lebih kecil dari 5 mm atau yang lolos saringan No. 4 dan tetap pada Saringan No. 200. Agregat halus berasal dari disintegrasi alami dari batuan alam atau dari pasir buatan yang dihasilkan oleh *stone crusher*.

Pasir dibedakan menjadi 3 yaitu:

- a. Pasir galian yang didapatkan dari permukaan
- b. Pasir sungai yang didapatkan dari sungai
- c. Pasir laut yang didapatkan dari pantai

Agregat halus yang akan digunakan untuk bahan bangunan dipilih sesuai syarat. Berikut syarat – syarat agregat halus yang baik adalah :

Butir – butir pasir harus berukuran antara 0,15 mm sampai dengan 5 mm;

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir keras dan tajam, mempunyai sifat tidak mudah hancur karena cuaca hujan maupun panas;
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (dalam keadaan kering);
- c. Harus dicuci jika agregat halus mengandung lumpur lebih dari 5%;
- d. Tidak boleh mengandung bahan organik, minyak dan sebagainya.

Agregat yang akan digunakan dalam campuran beton harus memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh ASTM dengan batas ukuran agregat halus yang ditunjukkan 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 – 100
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 adalah campuran kimia aktif setelah kontak dengan air. Agregat tidak berperan penting dalam reaksi kimia tetapi bertindak 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 agregat menjadi massa yang padat. Selain itu, untuk mengisi rongga antar partikel agregat.

Meskipun semen hanya mengisi 10% dari volume beton, perlu diteliti dan dikendalikan secara ilmiah karena merupakan bahan aktif (Tjokrodinuljo, 1996). Salah satu elemen yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah jenis semen yang akan digunakan, maka perlu diketahui jenis semen yang telah terstandar di Indonesia.

Menurut ASTM C150, *Portland Cement* dibagi menjadi lima tipe yaitu:

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 besidan 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 2.3. Senyawa penyusun *portland cement*

Bahan Penyusun	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 - 65
Silika (SiO ₂)	20 -25
Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	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):

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

akan mengganggu proses pengerasan atau menurunkan kualitas beton yang dihasilkan. Kotoran secara umum bisa menyebabkan:

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

2.2.6 Bahan Tambah

Suatu bahan tambah pada umumnya dimasukkan ke dalam campuran betondengan 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 Serat Baja Dramix dan Bahan tambah limbah plastic PET

2.2.7 Serat Baja Dramix

Serat Baja Dramix bertujuan untuk meningkatkan daktilitas pada kondisi tensile strain hardening dan memberikan perilaku multiple crack-bridging. Penambahan serat memperbaiki sifat-sifat struktural beton. Serat bersifat mekanis sehingga tidak akan bereaksi secara kimiawi dengan bahan pembentuk beton lainnya. Serat membantu mengikat dan menyatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan pasta semen. Pasta beton akan semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (fiber bridging) yang saling mengikat disekelilingnya. Serat yang tersebar secara merata dengan orientasi acak dalam adukan beton diharapkan dapat mencegah terjadinya retakan-retakan yang terlalu dini baik akibat panas hidrasi

maupun akibat beban-beban yang bekerja pada beton. Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan- tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan meningkat. Serat Baja Dramix merupakan material terpilih karena disamping mempunyai faktor- prinsip penguat beton, juga merupakan bahan yang mudah diperoleh serta tahan terhadap korosi akibat sifat porous dari beton. Penambahan serat Baja Dramix diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap beton, penambahan serat dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton

2.2.8 Polyethylene Terephthalate (PET)

PET atau Polyethylene Terephthalate merupakan bahan plastik dengan tingkat densitas rendah dan fleksibilitas yang rendah. PET sebagai bahan penambahan agregat kasar pada beton ringan melalui proses pemanasan, pendinginan dan pemecahan. Penggunaan limbah PET sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser. dari hasil penelitian terdahulu terhadap beton segar dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar agregat plastik PET yang dicampur dalam campuran beton, maka akan cenderung terjadi penurunan pada nilai slump. Dari hasil pengujian terhadap beton yang telah mengeras diperoleh hasil dengan penambahan agregat PET

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;

- a) Diameter maksimum agregat kasar;
- b) Proporsi bahan campuran yang dipakai;
- c) Temperatur beton;
- d) 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. *Resistance to chemical deterioration* yaitu ketahanan terhadap efek 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.:

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A} \quad (2.1)$$

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 tekan yang lebih dari kuat tekan yang disyaratkan.

2.3.4 Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 03-4154-1996 (BSN, 1996) kuat lentur merupakan momen lentur 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

No	Judul	Peneliti & tahun	Metode Penelitian	Hasil
1	<i>Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal</i>	(Asyrofi Miranda, Vera Agustriana, Mohd Isnein (2020)	membuat beton mutu normal dan menambahkan kadar serat baja sebanyak 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% dari volume adukan beton. Mutu beton rencana yang digunakan yaitu 25 MPa. Benda uji terdiri dari kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk pengujian kuat tekan, balok beton dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm untuk pengujian kuat tarik lentur (detail benda uji dapat dilihat dalam Gambar 8), serta balok beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 19 cm x 170 cm. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.	1. Hasil uji kuat tekan tidak mengalami perbedaan yang signifikan dengan adanya penambahan serat baja 2. Kuat tarik lentur balok beton tertinggi terdapat pada Vf 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 281,42% dari Vf 0%. 3. Kuat lentur balok beton bertulang dengan beban maksimum terdapat pada Vf 1,5% dan mengalami peningkatan sebesar 56,64% dari Vf 0% 4. Penambahan serat baja pada balok beton bertulang menyebabkan balok tersebut menjadi lebih kaku, penambahan serat juga dapat memperbaiki sifat getas pada beton
2	Pengaruh Prosentase Penambahan Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan	Edi Purwanto (2014)	Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan rencana mix design dengan metode Dreux-Corrise.	bahwa dengan penambahan serat kawat galvanis ke dalam adukan beton ringan hanya sedikit meningkatkan kuat tekan beton ringan namun meningkatkan kuat tarik belah beton sesuai dengan peningkatan jumlah volume fraksi serat dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi bahan yang lebih daktail
3	Perilaku Mekanis Beton Serat Dengan Kombinasi Kawat Bendrat Dan Dramix 3d	Johanes P.E Prijantoro, Steenie E. Wallah ,Servie O Dapas (2018)	pengaruh penambahan kombinasi kawat bendrat dan dramix 3D pada kuat tekan dan kuat tarik beton. benda uji dengan kadar kawat bendrat 0% dramix 3D 1%, kawat bendrat 1% dramix 3D 0%, kawat bendrat 0.25% dramix 3D 0.75%, kawat bendrat 0.75% dramix 3D 0.25%, kawat bendrat 0.5% dramix 3D 0.5% dari berat agregat kasar dengan menggunakan perhitungan substitusi parsial.	1. Presentase tertinggi penambahan kuat tarik belah beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 10.17% terdapat pada kombinasi campuran 0.75% bendrat dan 0.25% dramix 3D (BSIV) dengan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) = 3.15 Mpa. 2. Presentase tertinggi penambahan kuat tekan beton serat terhadap beton non serat dengan presentase 14.59% terdapat pada kombinasi campuran 0.5% bendrat dan 0.5% dramix 3D (BSV) dengan nilai kuat tekan (f'_c) = 28.52 Mpa.

No	Judul	Peneliti & tahun	Metode Penelitian	Hasil
4	Pengaruh Penambahan Limbah Serat Baja Terhadap Kekuatan Dan Modulus Elastisitas Beton	Oki Sandra Pitaloka (2020)	pengujian karakteristik beton dengan bahan penambah limbah serat baja ban karet dan pembuatan benda uji meliputi beton normal dan beton steel fiber concrete dengan persentase volume penambahan limbah serat baja ban karet bervariasi 0%, 0,5%, 1,5%, dan 2,5% dari volume beton	hingga 28 hari kuat tekan dan penetrasi ion klorida resistensi, dan mengoptimalkan proporsi material komponen yang menghasilkan desain campuran obyektif SCC mempertimbangkan kinerja kekuatan dan daya tahan.
5	Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete	(Shandy Trisakti Paiding Lewa1.Patria Kusumaningrum (2018)	Penelitian ini mengulas mengenai formulasi kandungan serat baja dalam campuran RPC yang terbaik. menguji efektifitas penambahan serat baja pada sifat mekanis dari Steel Fiber Reactive Powder Concrete (SFRPC)	1. Kenaikan presentase serat baja pada RPC menyebabkan penurunan kelecakan (workability). Penyebab dari menurunnya kelecakan RPC karena serat baja yang ditambahkan pada RPC menjadi hambatan di dalam campuran. 2. Penambahan serat baja pada RPC memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap kenaikan atau penurunan kinerja jika ditinjau dari kuat tekan. Namun serat baja dapat mengurangi kegetasan sehingga dapat mencegah terjadinya explosive spalling. 3. Kenaikan presentase kandungan serat baja dalam RPC memberikan kenaikan yang signifikan dalam menaikkan kapasitas kuat tarik dari RPC
6	Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton	(Anung Suwarno, Sudarmono (2015)	Penambahan limbah kantong plastik warna adalah untuk memberikan perkuatan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random dimana dapat mencegah terjadinya retakan pada beton di daerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi.	kekuatan tekan beton akan sedikit mengalami penurunan dengan semakin besarnya persentase plastik hitam yang ditambahkan; kekuatan tarik beton bertambah seiring dengan penambahan plastik hitam pada campuran yang sama perbandingan semen, pasir dan splitnya; serta penambahan plastik akan mengurangi berat elemen konstruksi sehingga akan berdampak semakin ringannya bangunan

No	Judul	Peneliti & tahun	Metode Penelitian	Hasil
7	Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakterisasinya	Yessi Rismayasari, Utari, Usman Santosa (2013)	Pengujian expiremen dengan Penambaha limbah plastik untuk uji kuat tekan berup kubus dengan sisi 15 cm, uji impact berup balok dengan (panjang x lebar x tinggi) = (8x2x2) cm, uji konduktivitas termal berup silinder dengan diameter 4 cm dan teba masing-masing 0,2 cm dan 0,4 cm. Dan untuk uji kerapatan (densitas) berupa kubu dengan sisi (15 x 15 x 15)cm. Diamete limbah plastik yang digunakan 0.1 - 0.8 cm Pengujian dilakukan pada saat benda uj berumur 28 hari	Nilai Kerapatan dengan rentang $(16 \pm 6) \times 102$ kg/m ³ sampai $(22 \pm 4) \times 102$ kg/m ³ , nilai kuat tekan dengan rentang $(16 \pm 0,1) \times 106$ N/m ² sampai $(21,8 \pm 0,2) \times 106$ N/m ² untuk nilai tertinggi pada penambahan 4% sebesar $(21,8 \pm 0,2) \times 106$, impact dengan rentang $(3,5 \pm 0,3)$ 10–1 Joule sampai $(8,7 \pm 0,3)$ 10–1 Joule untuk nilai tertinggi pada penambahan 4% sebesar $(8,7 \pm 0,3)$ 10–1 dan konduktivitas thermal dengan rentang $(1,17 \pm 0,5) \times 10^{-5}$ kkal/ms°C sampai $(6,0 \pm 0,5) \times 10^{-5}$ kkal/ms°C untuk nilai tertinggi pada penambahan 4% sebesar $(7,3 \pm 0,9) \times 10^{-5}$ kkal/ms°C
8	Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal Campuran Panas	Anni Susilowati, Eko Wiyono, Pratikto (2015)	Metode penelitian yang digunakan dengan metode eksperimen di laboratorium. Benda uji dibuat mengacu pada SNI 06-2489-1991. Sebagai variabel bebas Kadar Aspal Optimum dengan variasi limbah plastik 0, 5, 10, 15, 20, 25 % dari berat aspal. Adapun Variabel terikat meliputi persen rongga dalam agregat, persen rongga dalam campuran, persen rongga terisi aspal, stabilitas, kelelahan, dan hasil bagi Marshall quotient	bahwa penambahan limbah plastik dapat menaikan nilai VFB, Stabilitas, kelelahan dan MQ serta menurunkan nilai VMA dan VIM. Kadar Limbah Plastik Optimum untuk campuran beton aspal bergradasi menrus sebesar 7,5%, dengan nilai VMA 16,44%; VFB 81,49%; VIM 3,07%; Satabilitas 1411,82kg; Kelelahan 3,83mm dan MQ 337,45kg/mm. beton aspal campuran panas sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk lapis aus pada jalan dengan lalu lintas sedang hingga berat
9	Inovasi Limbah Plastik Menjadi Agregat Kasar dalam Campuran Beton Ringan	Rafidah Azzahra, Ilham Wijaya, Dikiansyah, Muhammad Noor Asnan, Pitoyo (2017)	Dalam penelitian ini menggunakan jenis limbah plastik PP (Polypropylene) sebagai pengganti agregat kasar yang diberi nama Batu Plastik Agregat Kasar Ringan (bupakar). Limbah plastik diolah menjadi ukuran maksimum 20 mm dan memiliki sifat kuat namun ringan. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji silinder beton dengan ukuran 150 mm x 300 mm sesuai dengan SNI 03-2834-2000, dengan komposisi agregat kasar sebanyak 65% batu plastik dan	I 03-2834-2000, dengan komposisi agregat kasar sebanyak 65% batu plastik dan 35% batu pecah. Hasil pengujian berat dan kuat tekan beton diperoleh berat volume rata-rata 1892,23 kg/m ³ termasuk golongan beton ringan. Kuat tekan rata-rata sebesar 16,49 MPa pada umur 14 hari dan sebesar 20,929 MPa pada umur 28 hari termasuk golongan beton struktural. Dengan demikian penggunaan bupakar menghasilkan beton ringan struktural sesuai SNI 03-2847-2002.

No	Judul	Peneliti & tahun	Metode Penelitian	Hasil
10	Limbah Plastik Hdpe Sebagai Material Campuran Dalam Beton F'c 12 Mpa	Yudi Setiawan, Noviyanty Handayani, ST, MT, Norseta Ajie Saputra, ST, MT (2020)	memanfaatkan limbah plastik HDPE, diharapkan dapat mengurangi lingkungan polutan dan memberikan nilai tambah tersendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari efek penggunaan HDPE Plastik (High Density Polyethylene) dalam campuran beton 12 MPa	Nilai kuat tekan beton setelah penambahan serat mengalami penurunan, yaitu pada beton normal didapat nilai kuat tekan beton sebesar 22,97 kg, beton normal ditambah additive 2,5 ml sebesar 17,18 kg, beton serat 0,25% ditambah additive 2,5 ml sebesar 12,70 kg, tetapi nilai kuat tekan beton mengalami kenaikan pada beton serat 0,50% ditambah additive 2,5 ml sebesar 13,69 kg, beton serat 0,75% ditambah additive 2,5 ml sebesar 15,28 kg, dan nilai kuat tekan beton mengalami penurunan kembali pada campuran beton serat 1% ditambah additive 2,5 ml yaitu sebesar 11,99 kg
11	Kajian Penggunaan Limbah Plastik sebagai Campuran Agregat Beton	Anung Suwarso (2015)	penambahan plastik hitam pada campuran yang sama perbandingan semen, pasir dan splitnya serta penambahan plastik dan mengurangi berat elemen konstruksi	kuat tekan beton akan sedikit mengalami penurunan dengan semakin besarnya prosentasi plastik hitam yang ditambahkan kekuatan tarik beton bertambah seiring dengan penambahan plastik hitam pada campuran yang sama perbandingan semen, pasir dan splitnya serta penambahan plastik dan mengurangi berat elemen konstruksi dan akan berdampak semakin ringannya bangunan
12	Inovasi Limbah Plastik Menjadi Agregat Kasar dalam Campuran Beton Ringan	Asnan (2018)	styrofoam yang dibentuk menjadi bola dengan diameter 25 hingga 35 mm dilapisi dengan matriks sebagai bahan inti dalam styrofoam. Pengukuran karakteristik dilakukan 14 hari dalam campuran styrofoam 10% sebagai volume terkontrol, dan styrofoam 100% sebagai pengganti agregat kasar	beton dengan styrofoam 10% dengan kepadatan 2183 kg/m ³ , didapatkan kuat tekan 19,86 MPa, sedangkan untuk styrofoam 100% dengan kepadatan 1650 kg/m ³ , yang dianggap sebagai beton ringan, kuat tekannya didapatkan 12,02 MPa. Pola retak menunjukkan bentuk kolom.

No	Judul	Peneliti & tahun	Metode Penelitian	Hasil
13	Pembuatan Beton Ringan dari Agregat Buatan Berbahan Plastik	Erwin Rommel (2013)	Plastic yang dibentuk pecahan-pecahan menyerupai aggregate dengan diameter 10-20 mm sebagai pengganti aggregate pada beton ringan	bahwa kekuatan beton ringan dari agregat plastik diperoleh sebesar 13,16 MPa dan berat isi sebesar 1373 kg/m ³ . Sehingga penggunaan beton ringan tersebut hanya dipakai untuk elemen struktur ringan dan elemen non-struktur. Persyaratan untuk penggunaan beton ringan sebesar 7 sampai 17 MPa dan berat isi antara 800 sampai 1400 kg/m ³ .
14	Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE	Bagus Soebandono (2013)	Penambahan Plastic HDPE Kedalam beton sebagai pengganti aggregate kasar (split) dengan presentase 10% HDPE, 15% HDPE dan 20% HDPE	bahwa nilai kuat tekan beton menurun dengan seiring penambahan kadar limbah plastik HDPE. Kuat tekan rata-rata untuk variasi campuran agregat kasar limbah plastik HDPE 0% (normal), 10%, 15% dan 20% berturut-turut sebesar 27,88 MPa, 15,67 MPa, 14,96 MPa, 11,08 MPa. H
15	Penggunaan Botol Plastik Sebagai Agregat pada Campuran Beton dengan Penambahan Silika Fume	Hus aini (2015)	Penambahan pada beton limbah botol PET 25% + silika fume 5%, limbah botol PET 50% + silika fume 5% dan 75% + silika fume 5%	bahwa untuk beton substitusi limbah botol PET 25% + silika fume 5% kuat tekannya turun sebesar 24% dari beton normal. Untuk beton substitusi limbah botol PET 50% + silika fume 5% kuat tekannya turun sebesar 26% dari beton normal. Untuk beton substitusi limbah botol PET 75% + silika fume 5% kuat tekannya turun sebesar 49% dari beton normal.
16	Analisa Beton Mortar Busa Dengan Bahan Tambah <i>Steel Fiber</i> Dan Agregat Slag Untuk Perkerasan Jalan	Juny Sulisty, Bima Bagus, Ruslan Firlan (2024)	Penambahan Steel Fiber Dan AGGREGT SLAG Dengan Presentase Steel Fiber 0%, 15% Dan 25% Serta Presentase Agregat Slag 0%, 25% Dan 50%	beton mortar busa dengan bahantambah 25% <i>steel fiber</i> dan 50% agregat slag dengan nilai kuat tekan terbesar adalah 15,048 MPa atau setara dengan 150,48 kg/cm ² , sedangkan nilai kuat lentur terbesar adalah 2,395 MPa atau setara dengan 23,95 kg/cm ²

2.5 KEASLIAN PENELITIAN

Berdasarkan tabel *previous research* ada GAP yang belum didapat dan dilakukan yang berhubungan dengan parameter, perancangan campuran dan pengaruh beton serat baja dramix dan limbah plastik sebagai berikut:

1. Prosentase optimum serat baja *dramix* dan *Polyethylene Tereflat(PET)* pada beton
2. pengaruh *Dramix* serat baja dan *Polyethylene Tereflat(PET)* terhadap karakteristik dari beton.

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil yang Diharapkan
1	Muhammad Najib	Analisis Beton Fast Track Fc'21 Mpa Dengan Penambahan Serat Baja <i>Dramix</i> Dan <i>Polyethylene Tereflat(PET)</i> Sebagai Substitusi Coarse Agregat Untuk Kelas Jalan II	Mencari job mix desain beton fast track Fc'21 Mpa dengan substitusi serat baja <i>dramix</i> dan <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i> , dan merekomendasi kadar serat <i>dramix</i> yang cocok untuk digunakan di dalam pelaksanaan., Mendapat kan hasil perbandingan yang optimal antara beton modifikasi serat <i>dramix</i> dan <i>Polietilena Tereftalat (PET)</i> dengan beton normal	Penelitian bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan menguji balok dan silinder beton dengan komposisi plastic dan serat <i>dramix</i> lalu dicari komposisi terbaiknya	Mengetahui pengaruh dari penambahan <i>dramix</i> dan aggregate plastic terhadap karakteristik dari beton fast track fc.30, mendapatkan job ix desain optimum dari benda uji beton <i>fast track Fc'21 Mpa</i> dengan komposisi serat dry mix dan <i>Polyethylene Tereflat(PET)</i>

2.5.1 NOVELTY PENELITIAN

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 250 kg/cm² (20 MPa) pada umur 28 hari. Komposisi material dari beton *Fast Track* 21 Mpa terdapat bahan substitusi serat baja *dramix* sebagai pengganti sebagian semen dan *Polyethylene Tereflat(PET)* komposisi pengganti sebagian

coarse aggregate.

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 dengan mutu $F_c' 21 \text{ Mpa}$* dalam waktu 4 hari meliputi kuat tekan dan kuat lentur saat benda uji berumur 4, 7, 14, 21 dan 28 hari.

Penelitian ini dilakukan dengan menguji silinder dan balok beton dengan uji tekan dan lentur sesuai dengan SNI 03-4431-2011. Secara umum akan ada empat (4) tipe benda uji untuk masing-masing komposisi.

1. Silinder dan balok beton normal,
2. Silinder dan balok beton dengan penambahan serat baja dramix,
3. Silinder dan balok beton dengan *Polyethylene Tereflat(PET)*
4. Silinder dan balok beton dengan kombinasi serat baja dramix dan *Polyethylene Tereflat(PET)*.

Benda uji pertama yang tanpa modifikasi adalah kondisi awal yang menjadi acuan dari penelitian ini. Benda uji kedua, ketiga dan keempat adalah modifikasi yang dilakukan. Hasil uji benda uji kedua dan ketiga akan dibandingkan dengan benda uji pertama. Dari hasil perbandingan tersebut akan diketahui apakah modifikasi akan meningkatkan kemampuan kuat tekan, dan kuat lentur pada silinder dan balok beton. Satu komposisi tertentu digunakan untuk membuat seluruh benda uji. Variabel yang diukur dalam pembuatan benda uji adalah nilai Slump beton segar, di mana akan dipertahankan slump pada nilai 3-7 cm. Setelah memperoleh hasil terbaik dari Komposisi material dari beton *Fast Track 21 Mpa* dengan substitusi serat baja dramix sebagai pengganti sebagian semen dan *Polyethylene Tereflat(PET)* komposisi pengganti sebagian coarse aggregate, setelah selesai pengujian di antara 4 komposisi tersebut akan dicari komposisi dengan hasil kuat tekan dan kuat lentur terbaik.

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 divariasikan dan 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 manipulasi, 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 3 benda uji yaitu benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan 2 benda uji balok ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm dengan total sebanyak 100 buah benda uji. Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah:

1. Mempersiapkan peralatan 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 digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Gresik dengan netto 40 kg.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Muntilan.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan mempunyai ukuran yaitu ukuran maksimum size 1 ½ mm dan ¾ mm.

4. Air

Air yang digunakan adalah air di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

5. Serat Baja Dramix

Serat baja Dramix sebagai substitusi semen

DRAMIX® 3D



Gambar 3. 1. Serat Baja Dramix

6. *Polyethylene Terephthalate* PET sebagai substitusi *coarse aggregate*



Gambar 3. 2. Agregat dari Limbah Plastik PET

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 setelah adukan beton segar jadi.

6. Mesin Uji Tekan

Mesin Uji Tekan (*Compressing Testing Machine*) 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.

3.4 Rencana Komposisi Campuran Penelitian Beton

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

Tabel 3.1. Komposisi Material Campuran Beton Normal

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1 m^3	
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	<i>Kg</i>
2	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	<i>Kg</i>
3	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	401,8	<i>Kg</i>
4	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		66%	776,6	<i>Kg</i>
5	Air	Sumur Lokal		135,2	<i>Kg</i>
6	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)		-	<i>Kg</i>
	(on plant)	Density	-	-	<i>Liter</i>
7	Density			-	kg/m^3
8	Slump			3,8 - 7,5	<i>cm</i>
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	<i>Kg</i>

Tabel 3.2. Komposisi Material Campuran Beton Normal per molen ke kecil

Beton Normal		SF +10%				
material	per 1m ³	per 1 silinder	per 2 silinder	per 3 silinder	per 1 balok	per 2 balok
semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
air	135,20	0,79	1,58	2,36	2,01	4,02
agg halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
agg kasar	1178,40	6,87	13,74	20,61	17,50	35,00
obat 2% dari air	-	-	-	-	-	-

Tabel 3.3. Komposisi Material Campuran Dramix 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1	m^3
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	<i>Kg</i>
2	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	<i>Kg</i>
3	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	400,6	<i>Kg</i>
4	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		56%	659,8	<i>Kg</i>
	Dramix 3D Serat Baja	Limbah Kontruksi	5%	59	<i>Kg</i>
5	Air	Sumur Lokal		194,2	<i>Kg</i>
6	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)	2,00%	3,9	<i>Kg</i>
	(on plant)	Density =	- <i>Kg/ Lt</i>	-	<i>Liter</i>
7	Density			2.494	<i>kg/m³</i>
8	Slump			3,8 - 7,5	<i>cm</i>
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	<i>Kg</i>

Tabel 3.4. Komposisi Material Campuran Beton Dramix per molen ke kecil

Beton Campuran Dramix		SF +10%				
Material	Per 1m ³	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Dry Mix	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 1 1/2"	659,80	3,85	7,69	11,54	9,80	19,60
Agg Kasar Size 3/4"	400,60	2,33	4,67	7,00	5,95	11,90
Obat (Ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

Tabel 3.5. Komposisi Material Campuran Agregat Plastik PET 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1	m^3
1	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	<i>Kg</i>
2	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	<i>Kg</i>
3	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	29%	341,7	<i>Kg</i>
4	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		61%	718,8	<i>Kg</i>
	Batu Pecah Plastik 1-2 (max size 1/2")	Agregat Plastik PET	5%	58,9	<i>Kg</i>
5	Air	Sumur Lokal		194,2	<i>Kg</i>
6	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)	2,00%	3,9	<i>Kg</i>
	(on plant)	Density =	Kg/Lt	-	<i>Liter</i>
7	Density			2.494	kg/m^3
8	Slump			3,8 - 7,5	<i>cm</i>
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	<i>Kg</i>

Tabel 3.7. Komposisi Material Campuran Beton PET per molen ke kecil

Beton Campuran PET		SF +10%				
Material	Per 1m ³	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 3/4	341,70	1,99	3,98	5,97	247999,03	495998,05
Agg Kasar Size 1 1/2"	718,80	4,19	8,38	12,57	10,67	21,35
Agg Kasar Pet Size 3/4"	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Obat (ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

Tabel 3.8. Komposisi Material Campuran Dramix 5% dan Agregat Plastik PET 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1	m^3
1	Tanggal				
2	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	Kg
3	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	29%	341,7	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		56%	659,8	Kg
	Batu Pecah Plastik (max size 1/2”)	Agregat Plastik PET	5%	59	Kg
	Dramix 3D Serat Baja	Limbah Kontruksi	5%	59	Kg
6	Air	Sumur Lokal		194,2	Kg
7	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)	2,00%	3,9	Kg
	(on plant)	Density =	-	-	Liter
8	Density			2.494	kg/m ³
9	Slump			3,8 - 7,5	cm
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	Kg

Tabel 3.9. Komposisi Material Campuran Beton Dramix + PET per molen ke kecil

Beton Campuran Dramix + PET			SF +10%			
Material	Per 1m3	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Dry Mix	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 3/4	341,70	1,99	3,98	5,97	1,99	3,98
Agg Kasar Size 1 1/2"	659,80	3,85	7,69	11,54	9,80	19,60
Agg Kasar PET Size 3/4"	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
obat (ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

3.5 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

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 halus 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



3.6 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 21*. 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, 14, 21, 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 15 benda uji setiap perlakuan dan berbentuk balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 10 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, substitusi limbah plastik PET dan serat baja Dramix 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. Pengadukan dilakukan sampai adukan merata/tercampur, untuk menghindari terjadinya segregasi.
- g. Kemudian dilakukan *slump test* untuk mengukur kekentalan adukan semen.
- h. Mencetak benda uji dapat dilakukan setelah tes beton segar memenuhi persyaratan yang direncanakan.
- i. Mendinginkan adukan dalam cetakan selama 24 jam, kemudian melepaskan dari cetakan.
- j. Perawatan beton *Fast track 21* 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.

3.7 Uji Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan. Pengujian dilakukan pada umur 4, 7, 14, 21, dan 28 hari setelah pembuatan dan perawatan beton. Langkah pengujiannya sebagai berikut

- Sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam.
- Sebelum diuji, benda uji dijemur atau diangin-anginkan guna mengeringkan benda uji.
- Benda uji ditimbangkan terlebih dahulu untuk mengetahui berat benda uji.
- 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.
- Mulai pengujian dengan menerapkan beban tekan mulai dari nol hingga mencapai beban maksimum (retak), kemudian catat hasilnya.
- Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

A = Luas penampang tertekan benda uji (cm²)

3.8 Uji Kuat Lentur

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kuat Lentur Beton. Pengujian ini dilakukan pada umur 4, 7, 14, 21, 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 Teknik Unissula. Langkah pengujian nya sebagai berikut:

- Sehari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam.
- 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 pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan- lahan dan kecepatana $8 \text{ kg/cm}^2 - 10 \text{ kg/cm}^2$ 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 ;

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots \dots \dots (3.2)$$

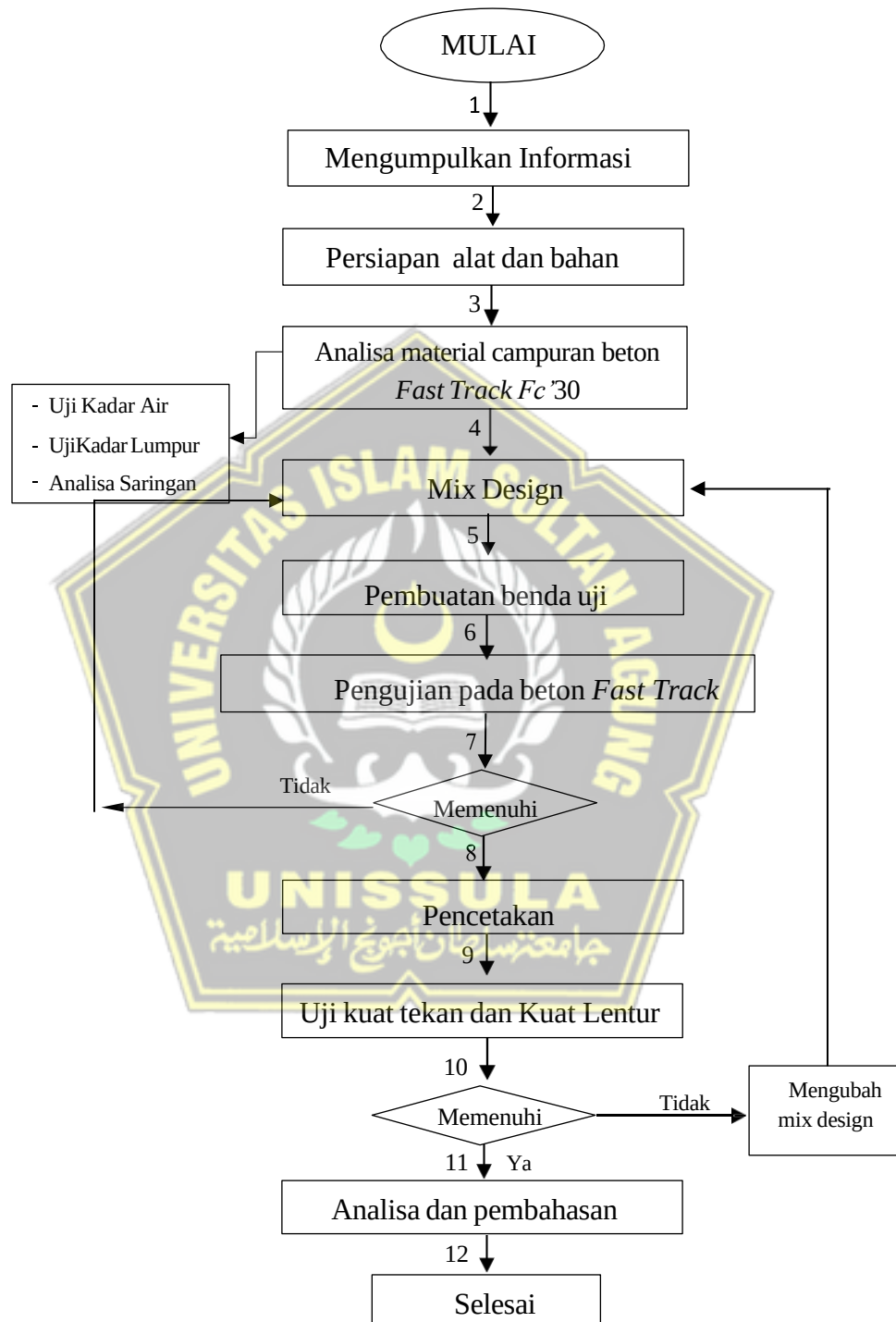
Keterangan

- 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.

3.9 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. 3. Bagan Alir Penelitian

3.10 Metode Analisis

Penelitian ini bersifat eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Unissula Semarang, bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton *Fast Track* (*Fast Track*) dengan pengaruh penambahan substitusi serat baja Dramix dan PET dengan kuat tekan rencana $F_c'21$ 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 design dilakukan setelah pengujian material memenuhi standar dan tahap ini juga sangat perlu diperhatikan melihat tahap Mix Design ini bertujuan untuk pemilihan bahan campuran yang tepat baik berdasar kualitas dan kuantitas bahan campuran yang dipilih. Disini peneliti menggunakan bahan campuran yaitu *Serat baja Dramix dan Limbah Plastik PET*

5. Pembuatan benda uji

Seperti yang sudah peneliti dijelaskan pada sub bab 3.6 bahwa tahap pembuatan benda uji merujuk pada standar yang berlaku.

6. Pengujian beton *Fast track 21*

Pengujian ini dilakukan dengan uji slump test. Pengujian dilakukan dengan alat *Slump Cone* bertujuan untuk menguji *filling ability* dari beton *Fast track 21*.

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 perluasan bagian *Accelerator* 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 3.6 bahwa pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan pengaruh penambahan *Serat baja Dramix dan Limbah Plastik PET* 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 21 Mpa* minimal 250 kg/cm^2 ($f_c'20$) maka jika sudah terpenuhi bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Apabila belum sesuai target yang penelitetapkan, maka perlu dilakukan lagi untuk trial mix design.

11. Analisa dan Pembahasan

Dalam tahap ini, hasil pengujian meliputi kekuatan dan kelenturan hasil penambahan substitusi serat baja *Dramix* dan PET akan dianalisis dimana keseluruhan cara pengujian dan proses telah peneliti jelaskan pada bab 3.

12. Selesai.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Persiapan Material

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan bahan penelitian, pembuatan benda uji, dan pengujian di laboratorium. Pada tahap penyediaan bahan, disiapkan antara lain agregat batu pecah merapi dan pasir muntlan. Semua proses pembuatan benda uji dan propertis material, dan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan di laboratorium teknologi bahan konstruksi Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Gambar 4.1 Pengambilan Agregat Material

Pengambilan serat baja dramix 3D yang dipotong sepanjang 6 cm, yang nanti akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian.



Gambar 4.2. Spesifikasi bahan tambah Dramix 3D

Pembuatan coarse agregrat dari botol plastik yang diambil dari pengepul rosok untuk pembuatan agregat plastik lolos saringan 1” dan tertahan saringan 1/2” yang nanti akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian.



Gambar 4.3.Pembuatan bahan tambah Agregat PET

4.2 Pengujian Laboratorium

4.2.1 Pengujian Agregat

Pengujian properties agregat kasar meliputi bentuk agregat, abrasi dengan mesin Los Angeles, , gradasi agregat, berat jenis, berat jenis semu, penyerapan, material lolos saringan No 200,

Tabel 4.1 Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A	Agregat kasar				
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	14.01%	Memenuhi
2	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,6%	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat kasar 2” b. Agregat kasar 1”	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1.583% 2.064%	Memenuhi
B	Agregat halus				
1	Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 15%	10.56%	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat halus (pasir)	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1.583%	Memenuhi
3	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>) a. Agregat halus (pasir)	SNI 03-1969-1990	Min. 3%	2.651%	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian).

Karena semua hasil pengujian material agregat merapi memenuhi persyaratan Spesifikasi 2018, maka agregat tersebut dapat digunakan sebagai campuran beton.

4.2.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Agregat Halus

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2. 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 500 ml dan percobaan II sebesar 500 ml. Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots\dots\dots (4.3)$$

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

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

Percobaan I =

□ V1 = 500 ml

□ V2 = 12 ml

– Kadar lumpur
$$= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$
$$= \frac{12}{500 + 12} \times 100\%$$
$$= 2,3 \%$$

Percobaan II

□ V1 = 500 ml

□ V2 = 10 ml

– Kadar lumpur
$$= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$
$$= \frac{10}{500 + 10} \times 100\%$$
$$= 1,9 \%$$

`Kadar lumpur rata-rata

– Kadar lumpur I = 2,3%/

– Kadar Lumpur II = 1,9%

$$\begin{aligned}\square \text{ Kadar lumpur rata-rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} (\%) \\ &= \frac{2,3 \% + 1,9 \%}{2} (\%) \\ &= 2,1 \%/ \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 3. 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 menunjukan kadar lumpur agregat halus yang digunakan sebesar 2,3 ml dan 1,9 ml pada masing-masing percobaan.

b. Agregat Kasar

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.4. di bawah ini.

Tabel 4. 4. 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:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.8)$$

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

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 (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{550-540}{540-50} \times 100\%$
 $= 2 \%$

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 $= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{2+2}{2} (\%)$
 $= 2 \%$

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

Tabel 4. 5. 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 ditunjukkan dengan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 2 %.

4.2.3 Pemeriksaan Kadar Air

Data pemeriksaan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4. 6. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + Agregat sebelum (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gramn)
Agregat Halus	55	500	480
Agregat Kasar	55	550	495

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat kasar seberat 285 gram.

Pemeriksaan kadar air dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.6)$$

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

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

Agregat Halus :

- Berat cawan (a) = 55 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 500 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 480 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{500-480}{480-55} \times 100\%$
 $= 0,47\%$

Agregat Kasar :

- Berat cawan (a) = 55 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 550 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 495 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{550-495}{495-55} \times 100\%$
 $= 1,25 \%$

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

Tabel 4. 7. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)
Agregat Halus	55	500	480	0,047
Agregat Kasar	55	550	495	1,25

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%.

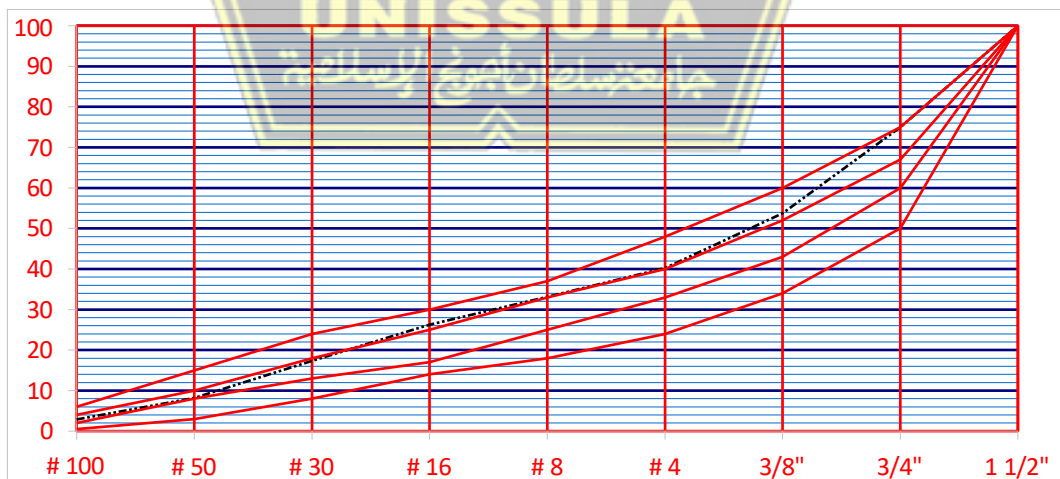
4.2.4 Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat

Kombinasi agregat adalah pengambungan dari masing-masing agregat yang lolos saringan 2" dan tertahan mulai dari saringan ukuran 1 ½ sampai dengan # 100, yang terdiri dari agregat 2" samapai dengan pasir. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **tabel 4.8**

Tabel 4.8 Perhitungan Analisa Saringan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990 /AASHTO T.27-88)

Ukuran Saringan		Gradasi asli		Gradasi sesuai proporsi		Gradasi gabungan	Spesifikasi			
ASTM	mm	ag. Pecah gab. max 1 1/2"+1"	G ex MUNTILAN	BP. Gab 1 1/2"+1"	pasir ex MUNTILAN					
				0,62	0,38					
2"	50	100,00	100	62,00	38,00	100				
1 1/2"	35	100,00	100	62,00	38,00	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	25	77,23	100	47,89	38,00	85,89				
3/4"	19	59,65	100	36,99	38,00	74,99	75	67	60	50
1/2"	12,5	35,83	100	22,22	38,00	60,22				
3/8"	9,6	25,31	100,00	15,69	38,00	53,69	60	52	43	34
# 4	4,8	4,96	97,72	3,08	37,13	40,21	48	40	33	24
# 8	2,4	0,98	85,49	0,61	32,48	33,09	37	33	25	18
# 16	1,2		69,17		26,28	26,28	30	25	17	14
# 30	0,5		45,54		17,31	17,31	24	18	13	8
# 50	0,3		21,49		8,16	8,16	15	10	8	3
# 100	0,15		7,56		2,87	2,87	6	4	2	0,5

(Sumber : Hasil Penelitian).



Gambar 4.4 Grafik Kombinasi Agregat

Pada **tabel 4.8** baca grafik kombinasi agregat prosentase lolossaringan no. 100 atau 100 mm sampai dengan 2' tidak diperboleh kanmelewati batas bawah dan batas

atas pada masing-masing agregat yang disaring. Jika terdapat agregat yang melewati batas atas ataupun batas bawah, maka tidak diijinkan menjadi material pengisi pada beton

4.3 Komposisi Material Beton

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

Tabel 4. 9. Komposisi Material Campuran Beton Normal

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1 m ³	
1	Tanggal				
2	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	Kg
3	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	401,8	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		66%	776,6	Kg
6	Air	Sumur Lokal		135,2	Kg
7	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)		-	Kg
	(on plant)	Density	-	Kg/Lt	- Liter
8	Density			-	kg/m ³
9	Slump			3,8 - 7,5	cm
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	Kg

Tabel 4. 10. Komposisi Material Campuran Beton Normal per molen ke kecil

Beton Normal		SF +10%				
material	per 1m ³	per 1 silinder	per 2 silinder	per 3 silinder	per 1 balok	per 2 balok
semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
air	135,20	0,79	1,58	2,36	2,01	4,02
agg halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
agg kasar	1178,40	6,87	13,74	20,61	17,50	35,00
obat 2% dari air	-	-	-	-	-	-

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton normal per 1 m³ dengan presentase material agregat halus, dan agregat kasar dengan total 100%.Sedangkan material air dan semen berdiri sendiri di luar komposisi material yang lainnya.

Tabel 4. 11. Komposisi Material Campuran Dramix 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1 m ³	
1	Tanggal				
2	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	Kg
3	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	34%	400,6	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		56%	659,8	Kg
	Dramix 3D Serat Baja	Limbah Kontruksi	5%	59	Kg
6	Air	Sumur Lokal		194,2	Kg
7	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)	2,00%	3,9	Kg
	(on plant)	Density =	- Kg/ Lt	-	Liter
8	Density			2.494	kg/m ³
9	Slump			3,8 - 7,5	cm
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	Kg

Tabel 4. 12. Komposisi Material Campuran Beton Dramix per molen ke kecil

Beton Campuran Drymix			SF +10%			
Material	Per 1m3	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Dry Mix	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 1 1/2"	659,80	3,85	7,69	11,54	9,80	19,60
Agg Kasar Size 3/4"	400,60	2,33	4,67	7,00	5,95	11,90
Obat (Ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton variasi Serat Baja drymix 5% dengan presentase material air, agregat halus, agregat kasar, dan abu batu dengan total 100%. Sedangkan material semen berdiri sendiri di luar 100% komposisi material yang lainnya. Kemudian untuk bahan tambah retarder memiliki presentase 2% dari berat air..

Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran Agregat Plastik PET 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1	m^3
1	Tanggal				
2	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	Kg
3	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	29%	341,7	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		61%	718,8	Kg
	Batu Pecah Plastik 1-2 (max size 1/2")	Aggregat Plastik PET	5%	58,9	Kg
6	Air	Sumur Lokal		194,2	Kg
7	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)		2,00%	3,9 Kg
	(on plant)	Density =	- Kg/Lt	-	Liter
8	Density			2.494	kg/m ³
9	Slump			3,8 - 7,5	cm
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	Kg

Tabel 4. 14. Komposisi Material Campuran Beton Agregat PET per molen ke kecil

Beton Campuran PET		SF +10%				
Material	Per 1m3	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 3/4	341,70	1,99	3,98	5,97	247999,03	495998,05
Agg Kasar Size 1 1/2"	718,80	4,19	8,38	12,57	10,67	21,35
Agg Kasar Pet Size 3/4"	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Obat (ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton variasi Agregat Plastik PET 5% dengan presentase material air, agregat halus, agregat kasar, dan abu batu dengan total 100%. Sedangkan material semen berdiri sendiri di luar 100% komposisi material yang lainnya. Kemudian untuk bahan tambah retarder memiliki presentase 2% dari berat air.

Tabel 4. 15. Komposisi Material Campuran Drymix 5% dan Agregat Plastik PET 5%

No.	MATERIAL	Sumber Bahan		Berat SSD 1	m^3
1	Tanggal				
2	Semen	OPC Type 1 Ex. Gresik		425	Kg
3	Pasir Alam	ex Muntilan		751,0	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)	ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	29%	341,7	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)		56%	659,8	Kg
	Batu Pecah Plastik (max size 1/2")	Agregat Plastik PET	5%	59	Kg
	Dramix 3D Serat Baja	Limbah Kontruksi	5%	59	Kg
6	Air	Sumur Lokal		194,2	Kg
7	Additif Retarder	Sikament VZ (Type D)	2,00%	3,9	Kg
	(on plant)	Density =	Kg/Lt	-	Liter
8	Density			2.494	kg/m ³
9	Slump			3,8 - 7,5	cm
	Berat Total Beton tanpa additif			2490	Kg

Tabel 4. 16. Komposisi Material Campuran Beton Dramix + PET per molen ke kecil

Beton Campuran Drymix + PET			SF +10%			
Material	Per 1m3	Per 1 Silinder	Per 2 Silinder	Per 3 Silinder	Per 1 Balok	Per 2 Balok
Semen	425,00	2,48	4,95	7,43	6,31	12,62
Dry Mix	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
Air	194,20	1,13	2,26	3,40	2,88	5,77
Agg Halus	751,00	4,38	8,75	13,13	11,15	22,30
Agg Kasar Size 3/4	341,70	1,99	3,98	5,97	1,99	3,98
Agg Kasar Size 1 1/2"	659,80	3,85	7,69	11,54	9,80	19,60
Agg Kasar PET Size 3/4"	59,00	0,34	0,69	1,03	0,88	1,75
obat (ml)	3,88	0,02	0,05	0,07	0,06	0,12

Pada tabel diatas menunjukkan komposisi campuran beton variasi Serat Baja Drymix 5% dan Agregat Plastik PET 5% dengan presentase material air, agregat halus, agregat kasar, dan abu batu dengan total 100%. Sedangkan material semen berdiri sendiri di luar 100% komposisi material yang lainnya. Kemudian untuk bahan tambah retarder memiliki presentase 2% dari berat air.

Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran dengan zat aditif per 0,02 m³

No	Komposisi	Retarder	Semen (Kg)	Retarder (ml)	Pasir (Kg)	Agg 1 1/2 (Kg)	Agg 3/4 (Kg)	Drymix (Kg)	PET (Kg)	Air (L)
1	Normal	0,20%	425	3,88	751	776,8	401,8	-	-	135
2	Drymix	0,20%	425	3,88	751	659,8	400,6	59	-	194,2
3	PET	0,20%	425	3,88	751	659,8	400,6	-	59	194,2
4	Drymix + PET	0,20%	425	3,88	751	659,8	341,7	59	59	194,2

Pada tabel diatas menunjukan presentase keseluruhan komposisi yang digunakandalam campuran beton per 0,02 m³. Jumlah kadar *retarder* dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Retarder} = \frac{\text{kadar retarder}}{100} \times \text{Berat air yang dipakai} \dots \dots \dots (4.11)$$

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

$$\begin{aligned} \text{Retarder} &= \frac{2}{100} \times 194,2 \\ &= 3,88 \text{ ml.} \end{aligned}$$

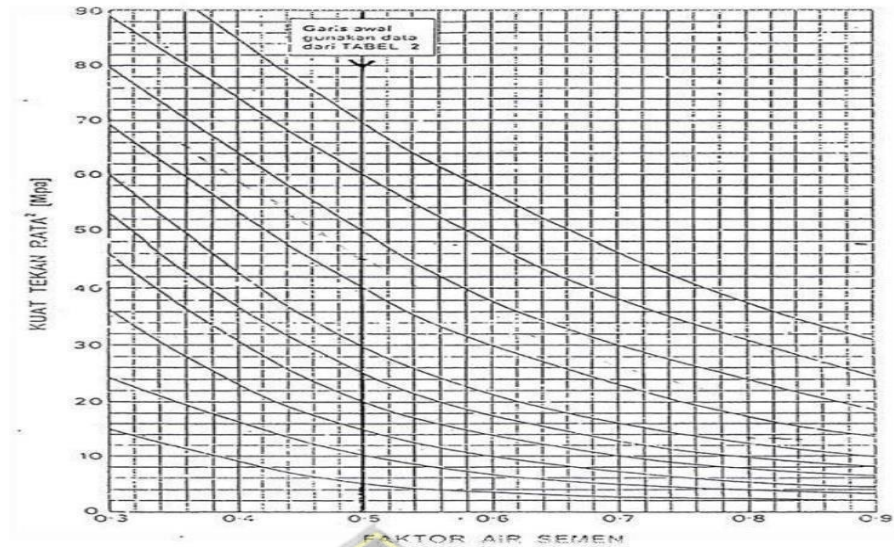
Penentuan tingkat kadar *retarder* yang peneliti gunakan mengacu pada beberapa jurnal penelitian sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai pustaka serta pedoman dalam penelitian. Penambahan variasi kadar *retarder* pada tabel 4.17. menjadi inovasi baru dalam dunia penelitian beton *fast track*.

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 konstruksi 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 kualitas kontrol 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. 5. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen(Sumber : SNI 03-2834-2000 hal. 6)

4.4 Mix Design Beton *Fast track* 21 Mpa dalam 4 Hari

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan beton uji yang dibuat ada 4 macam komposisi yaitu Beton Normal, Beton dengan substitusi dramix, Beton dengan substitusi Agregat PET dan Beton dengan substitusi kombinasi Dramix + Agg PET. Sebagai acuan dan parameter digunakan beton normal dengan mutu F_s 30 Mpa. Cetakan yang digunakan adalah silinder berukuran 150 mm x 300mm dengan volume cetakan sebesar 0,0053 m³. Perbandingan bahan penyusun beton disajikan pada Tabel 4.20 berikut:

Tabel 4. 18. Job Mixed Design

No	Komposisi	Retarder	Semen (Kg)	Retarder (Ml)	Pasir (Kg)	Agg 1 1/2 (Kg)	Agg 3/4 (Kg)	Drymix (Kg)	PET (Kg)	Air (L)	f.a.s
1	Normal	0,20%	425	-	751	776,8	401,8	-	-	135	1,35
2	Drymix	0,20%	425	3,88	751	659,8	400,6	59	-	194,2	1,94
3	PET	0,20%	425	3,88	751	659,8	400,6	-	59	194,2	1,94
4	Drymix + PET	0,20%	425	3,88	751	659,8	341,7	59	59	194,2	1,94

Tabel 4.18. menunjukkan material yang digunakan saat pencampuran. faktor airsemen (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*.

4.5 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Normal

4.5.1 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 4 Hari

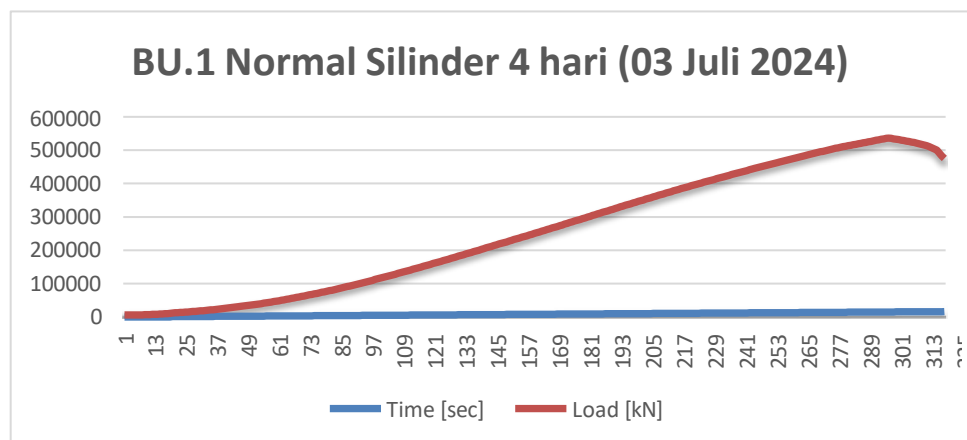
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 4 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 19. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 4 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan MPa
		Pembuatan	Uji				
1	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	13,16	521,014	29,483
2	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	12,98	518,885	29,363
3	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	13,07	519,82	29,409
Rata - rata					13,07	519,91	29,42

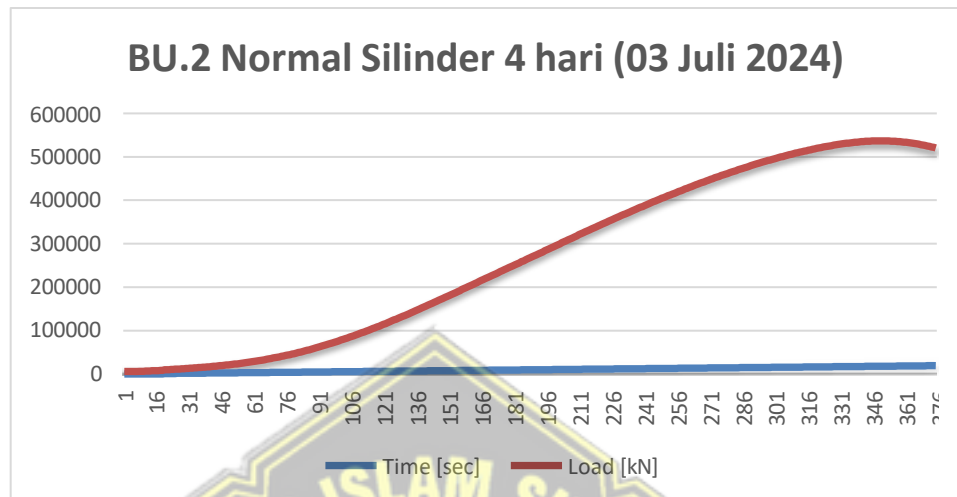
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 4 hari adalah 29,42 MPa setara dengan 519,91 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 4 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 3 buah silinder dan 2 buah balok. Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap untuk pengujian kuat tekan pada umur 4 hari. Dilihat dari Tabel 4.19 maka nilai kuat tekan beton normal Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BN₁ 29,483 MPa (521,014 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BN₂) memiliki nilai kuat tekan 29,363 Mpa (518,885 kN) dan Benda Uji 3 (BN₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,409 Mpa (519,82 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 4 hari telah terpenuhi.



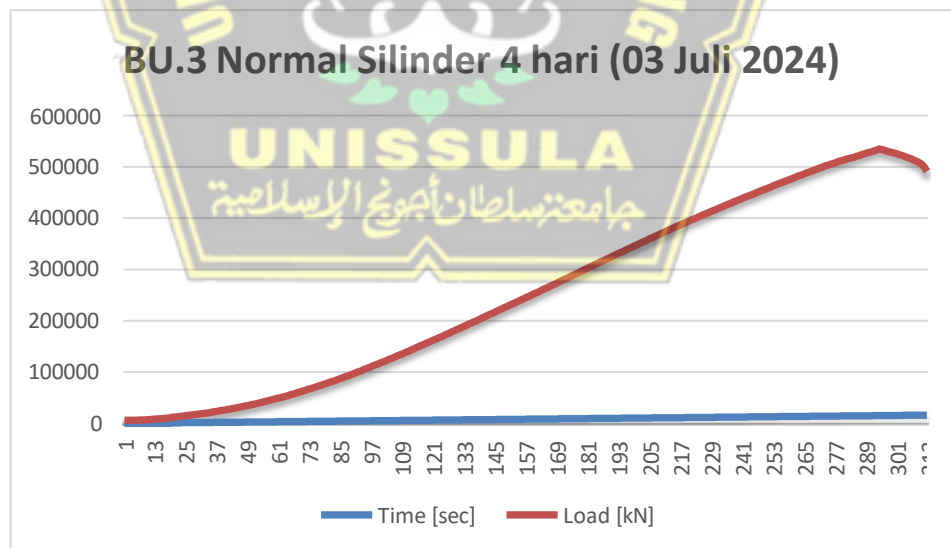
Gambar 4. 6. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 29,483 MPa setara dengan 521,014 kN,



Gambar 4. 7. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 pada umur beton 4 hari adalah 29,363 MPa setara dengan 518,885 kN,



Gambar 4. 8. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 3

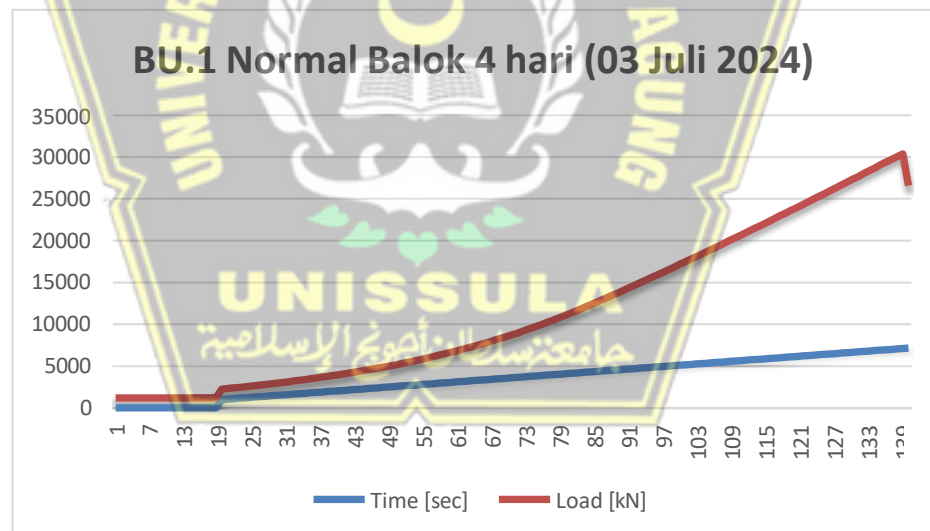
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 29,409 MPa setara dengan 519,91 kN,

Tabel 4. 20. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 4 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	31,18	23,274	3,103
2	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	32,28	23,487	3,132
Rata - rata					31,73	23,38	3,12

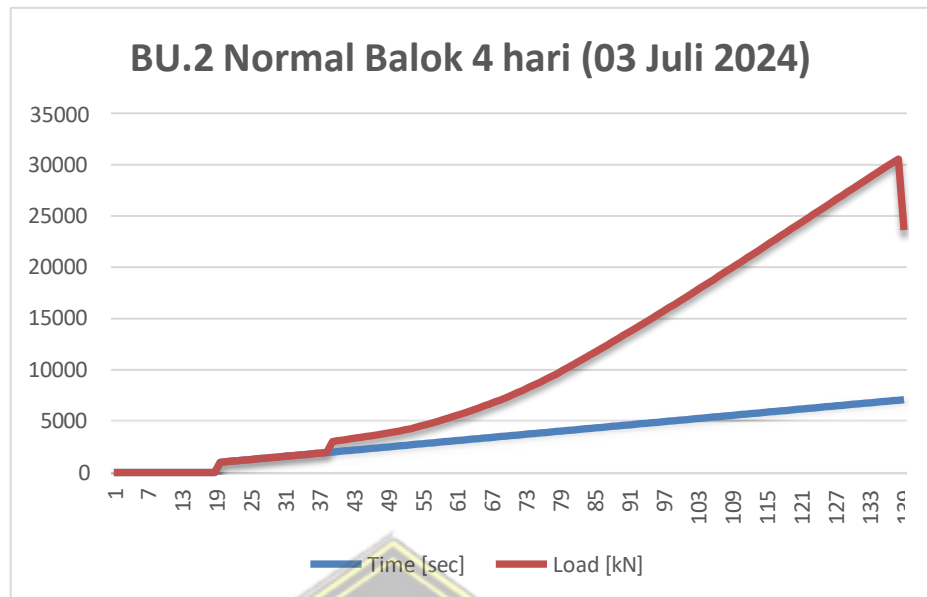
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,12 Mpa (23,38 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai BN₁ 3,103 MPa (23,274 kN) sedangkan beton *fast track* balok BN₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,132 MPa (23,487) di umur beton 4 hari.



Gambar 4. 9. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,103 MPa setara dengan 23,274 kN.



Gambar 4. 10. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 MPa pada umur beton 4 hari adalah 3,132 MPa setara dengan 23,487 kN.

4.5.2 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 7 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

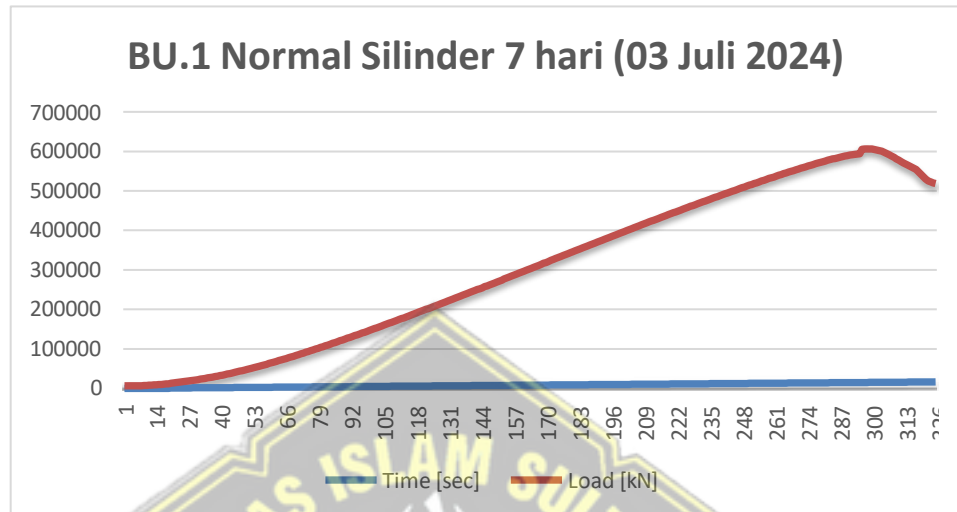
Tabel 4. 21. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 7 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				
1	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	12,51	590,563	33,420
2	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	12,72	577,453	32,376
3	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	12,07	545,176	30,849
Rata - rata					12,43	571,06	32,22

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 4 hari adalah 32,22 MPa setara dengan 571,06 kN.

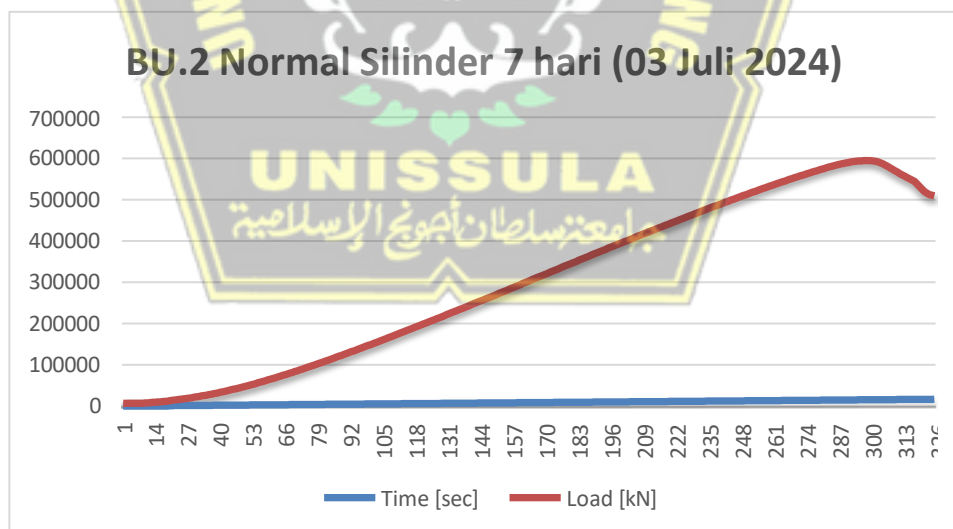
Tabel 4.21 diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 7 hari.,maka nilai kuat tekan beton normal Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 7 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BN₁ 33,420 MPa (590,563 kN) sedangkan

BN₂ memiliki nilai kuat tekan 32,376 Mpa (577,453 kN) dan BN₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 30,849 Mpa (545,176 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 7 hari telah terpenuhi.



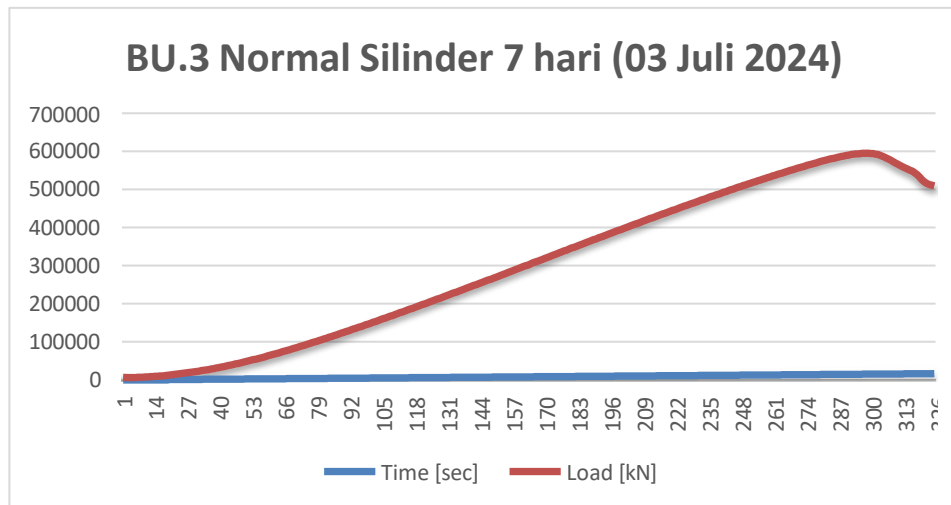
Gambar 4. 11. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 33,420 MPa setara dengan 590,563 kN.



Gambar 4. 12. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 32,376 MPa setara dengan 577,453 kN.



Gambar 4. 13. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 3

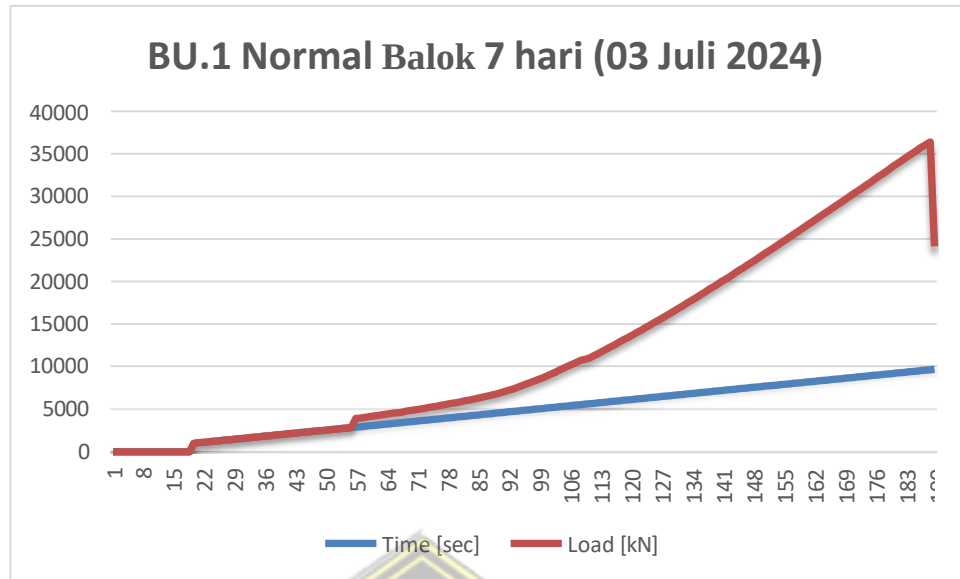
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 30,849 MPa setara dengan 545,176 kN.

Tabel 4. 22. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 7 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	31,74	26,744	3,566
2	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	31,67	27,568	3,676
Rata - rata					31,705	27,16	3,62

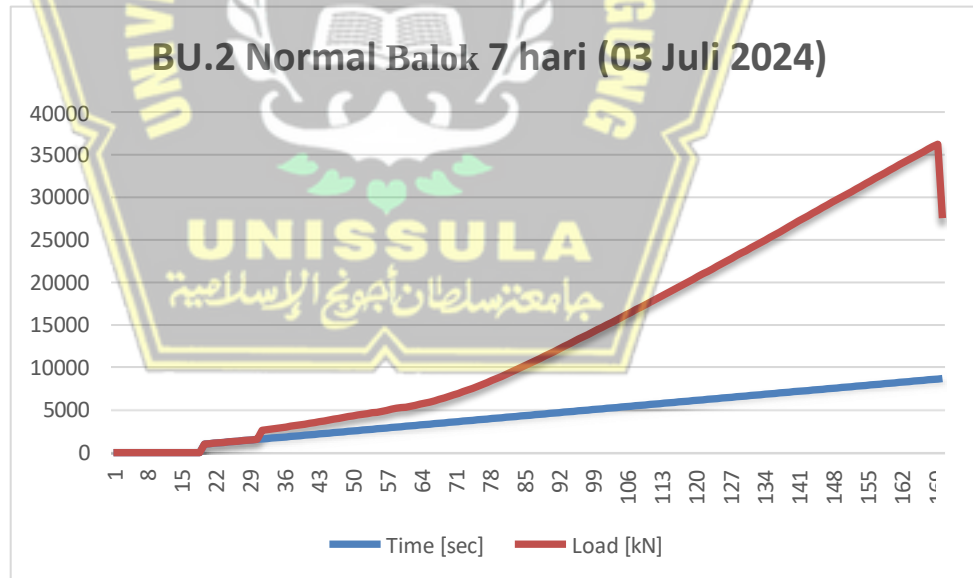
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,62 Mpa (27,16 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 7 hari nilai kuat lenturnya bernilai BN₁ 3,566 MPa (26,744 kN) sedangkan beton *fast track* balok BN₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,676 MPa (27,568) di umur beton 7 hari.



Gambar 4. 14. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,566 MPa setara dengan 26,744 kN,



Gambar 4. 15. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,676 MPa setara dengan 27,568 kN.

4.5.3 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 14 Hari

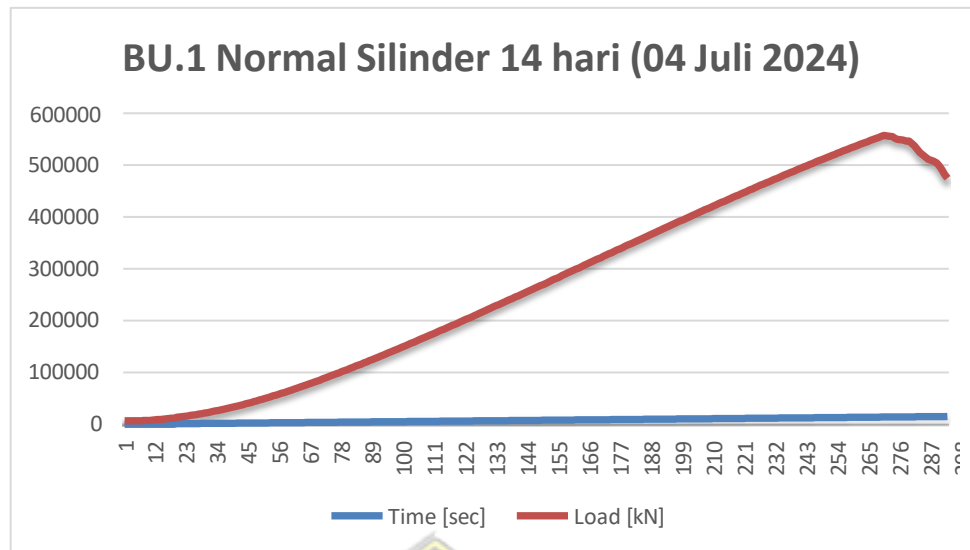
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 14 haridapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 23. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 14 Hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	13,16	543,435	30,766
2	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	12,98	549,662	30,932
3	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	13,07	581,308	32,895
Rata - rata					13,07	558,14	31,53

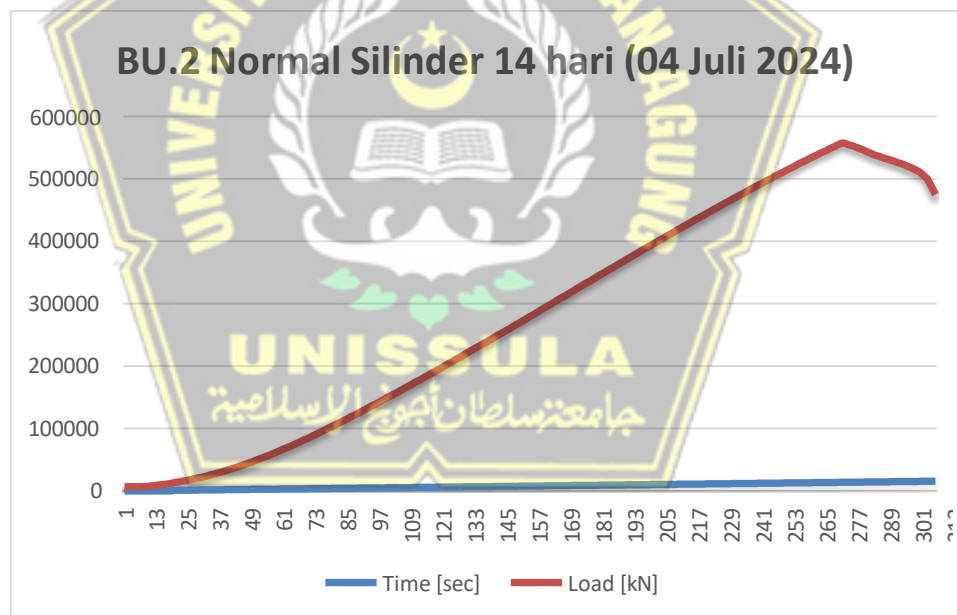
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 14 hari adalah 31,53 MPa setara dengan 558,14 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 14 hari. Dilihat dari Tabel 4.23 maka nilai kuat tekan beton normal Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 14 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BN₁ 30,766 MPa (543,435 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BN₂) memiliki niai kuat tekan 30,932 Mpa (549,662 kN) dan Benda Uji 3 (BN₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 32,895 Mpa (581,308 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan terebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 14 hari telah terpenuhi.



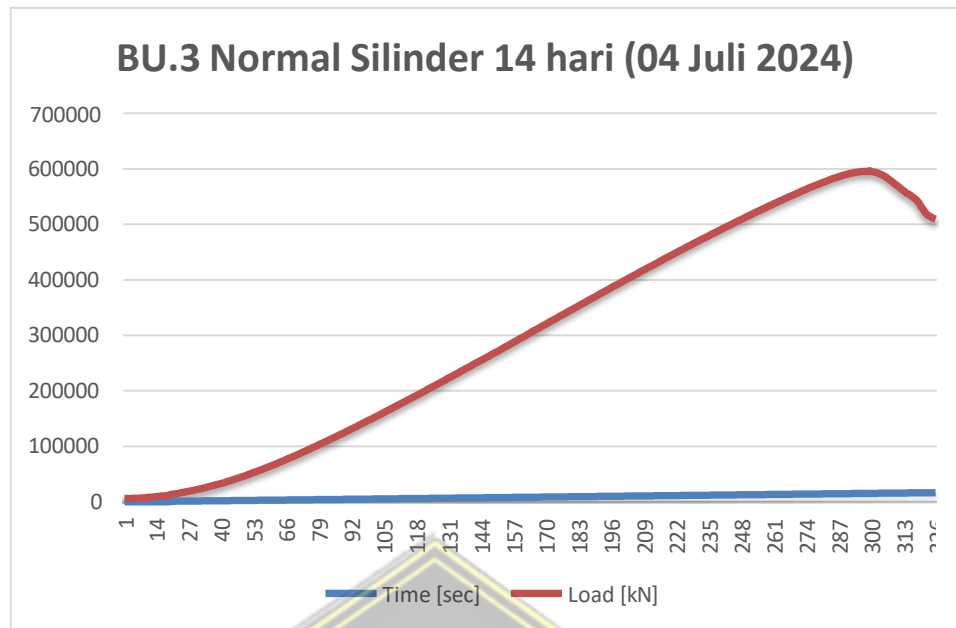
Gambar 4. 16. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 30,766 MPa setara dengan 543,435 kN,



Gambar 4. 7. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 pada umur beton 4 hari adalah 30,932 MPa setara dengan 549,662 kN,



Gambar 4. 18. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 3

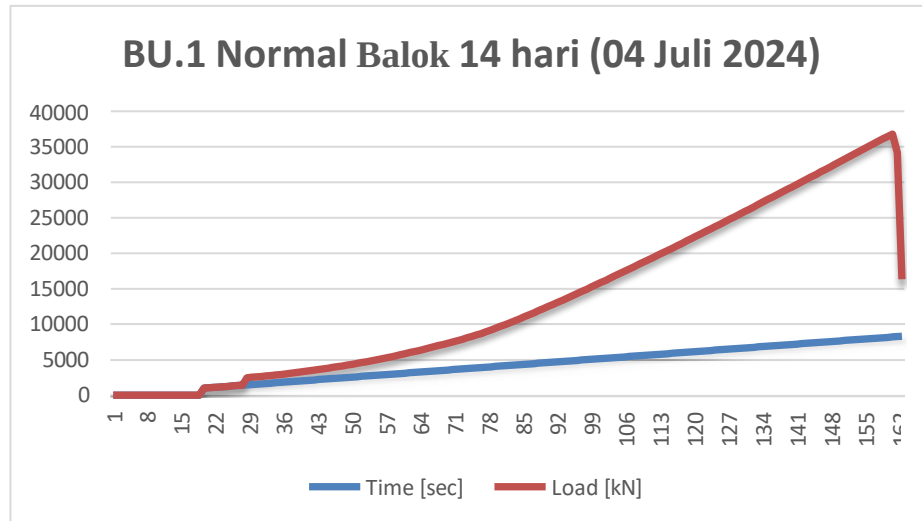
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 32,895 MPa setara dengan 581,308 kN,

Tabel 4. 24. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 14 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	31,87	28,581	3,811
2	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	32,17	30,703	4,094
Rata - rata					32,02	29,64	3,95

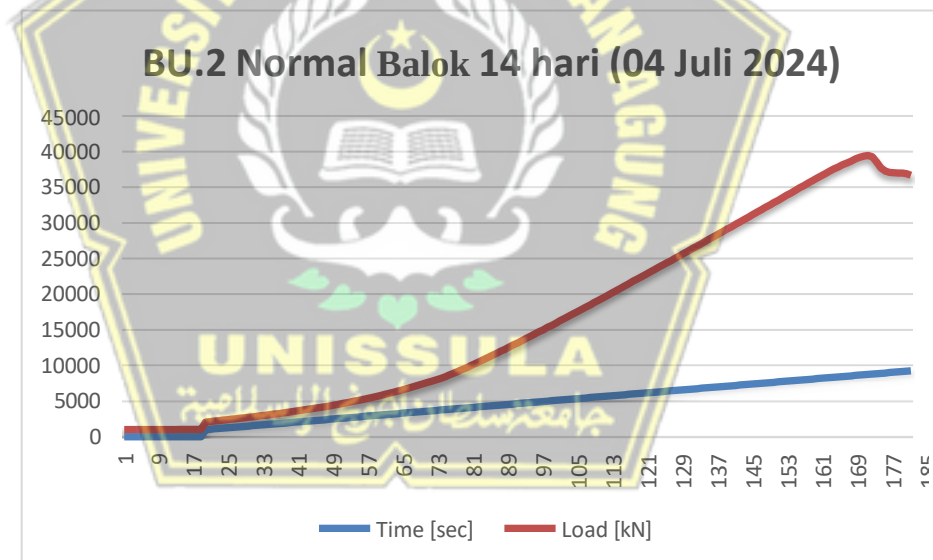
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,95 Mpa (29.64 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 14 hari nilai kuat lenturnya bernilai BN₁ 3,811 MPa (28,581 kN) sedangkan beton *fast track* balok BN₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,094 MPa (30,703) di umur beton 14 hari.



Gambar 4. 19. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 3,811 MPa setara dengan 28,581 kN.



Gambar 4. 20. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track*

30 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 4,094 MPa setara dengan 30,703 kN.

4.5.4 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 21 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal

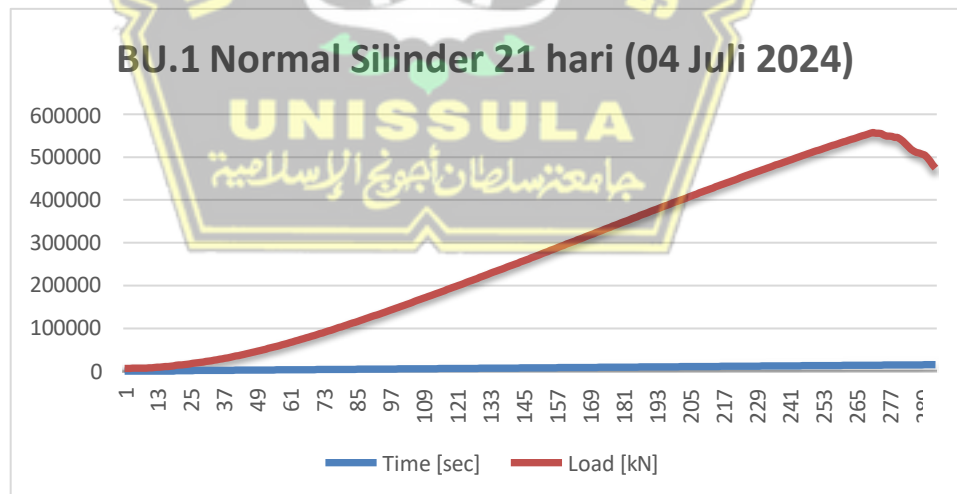
umur 21 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 25. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 21 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				MPa
1	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	13,16	543,665	30,821
2	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	12,98	612,884	34,653
3	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	13,07	579,935	32,818
Rata - rata					13,07	578,83	32,76

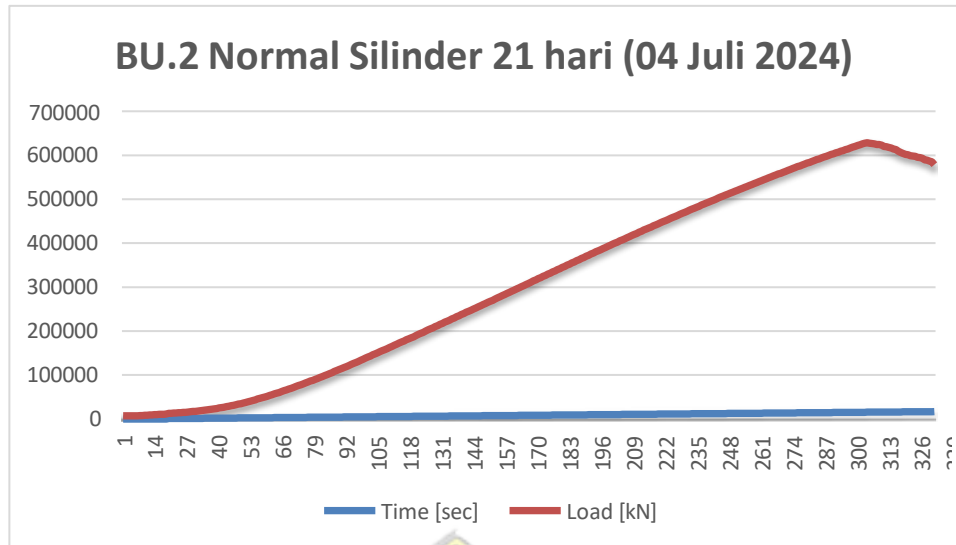
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 32,76 MPa setara dengan 578,83 kN.

Tabel 4.25 diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 21 hari.,maka nilai kuat tekan beton normal Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 21 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BN₁ 30,821 MPa (543,665 kN) sedangkan BN₂ memiliki nilai kuat tekan 34,653 Mpa (612,884 kN) dan BN₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 32,818 Mpa (579,935 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 21 hari telah terpenuhi.



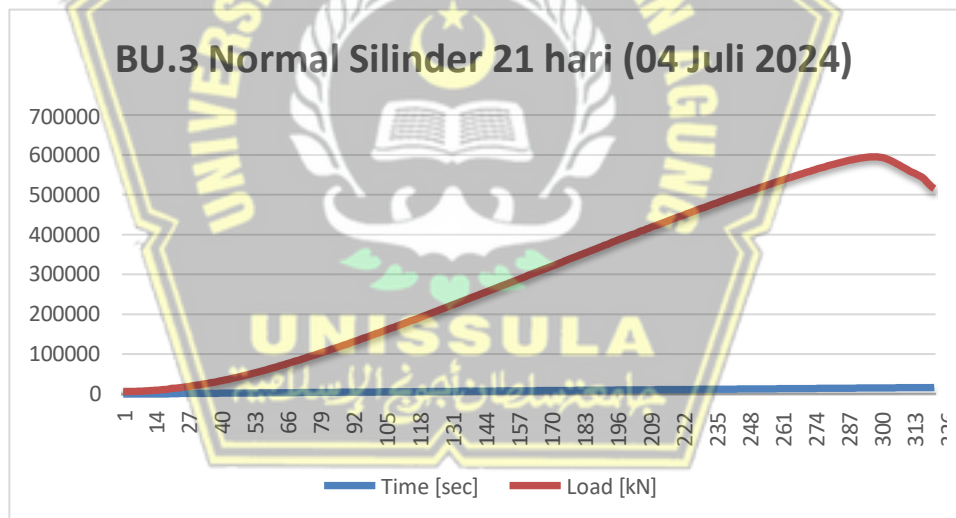
Gambar 4. 21. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 30,821 MPa setara dengan 543,665 kN.



Gambar 4. 22. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 34,653 MPa setara dengan 612,884 kN.



Gambar 4. 23. Grafik Silinder Umur 21 Hari Variasi 1 Benda Uji 3

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 32,818 MPa setara dengan 579,935 kN.

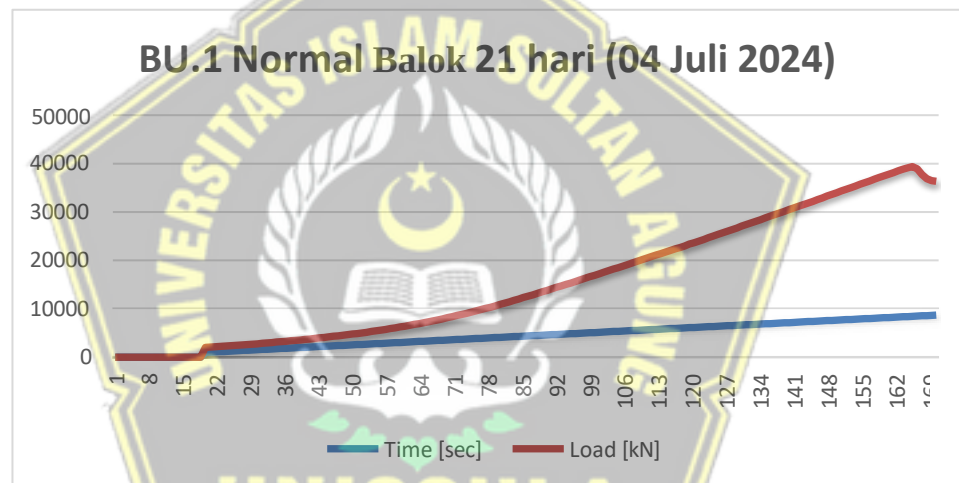
Tabel 4. 26. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 21 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
----	------	---------	---------	------	-------	------	------------

		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	32,51	30,925	4,123
2	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	32,34	31,875	4,25
Rata - rata					32,425	31,40	4,19

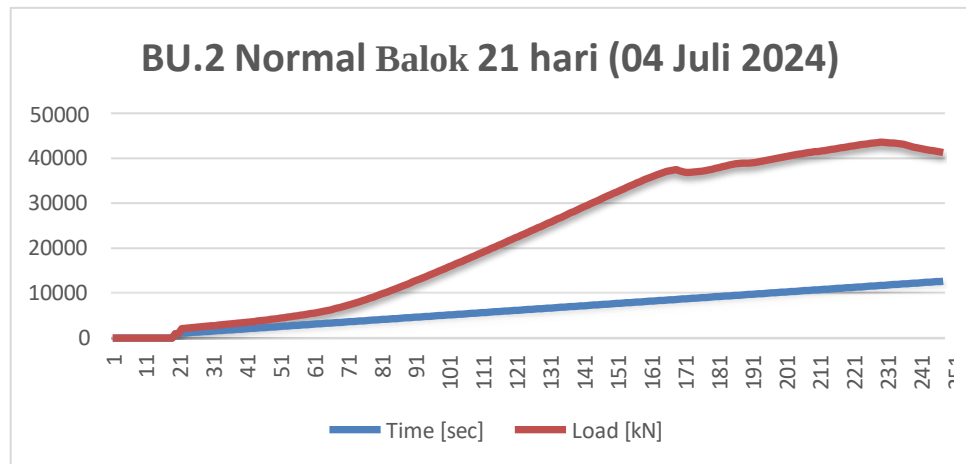
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 4,19 Mpa (31,40 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 21 hari nilai kuat lenturnya bernilai BN₁ 4,123 MPa (30,925 kN) sedangkan beton *fast track* balok BN₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,25 MPa (31,875) di umur beton 21 hari.



Gambar 4. 24. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 4,123 MPa setara dengan 30,925 kN,



Gambar 4. 25. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 4,25 MPa setara dengan 31,875 kN.

4.5.5 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 28 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

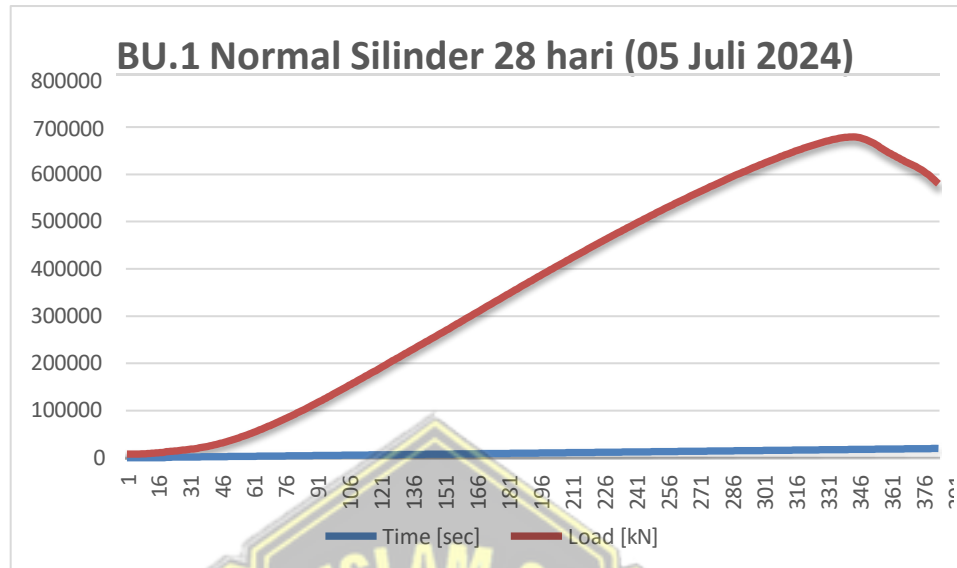
Tabel 4. 27. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Silinder 28 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan MPa
		Pembuatan	Uji				
1	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	13,16	661,934	37,458
2	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	12,98	679,504	38,452
3	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	13,07	762,266	43,135
Rata - rata					13,07	701,23	39,68

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 39,68 MPa setara dengan 701,23 kN.

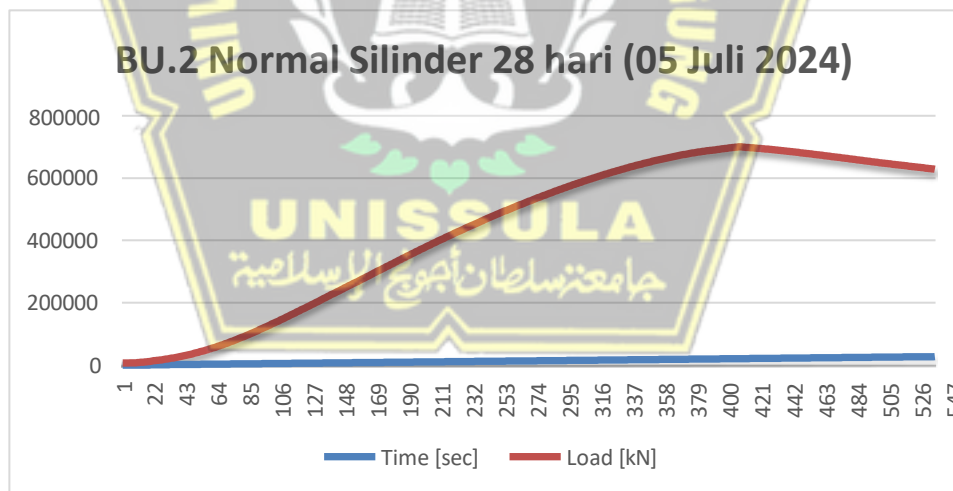
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 28 hari. Dilihat dari Tabel 4.27 maka nilai kuat tekan beton normal Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton normal pada umur 28 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BN₁ 37,458 MPa (661,934 kN) sedangkan BN₂ memiliki nilai kuat tekan 38,452 Mpa (679,504 kN) dan BN₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 39,68 Mpa (762,266 kN).

Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 28 hari telah terpenuhi.



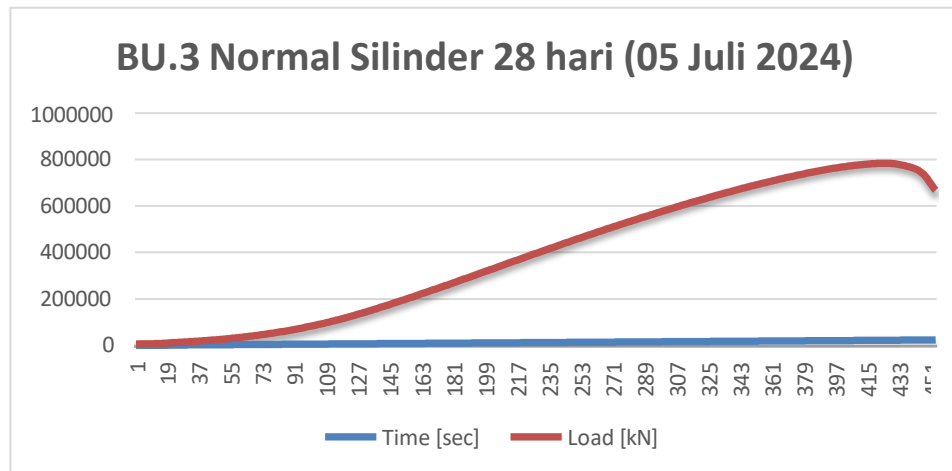
Gambar 4. 26. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 37,458 MPa setara dengan 661,934 kN.



Gambar 4. 27. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 38,452 MPa setara dengan 679,504 kN.



Gambar 4. 28. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 3

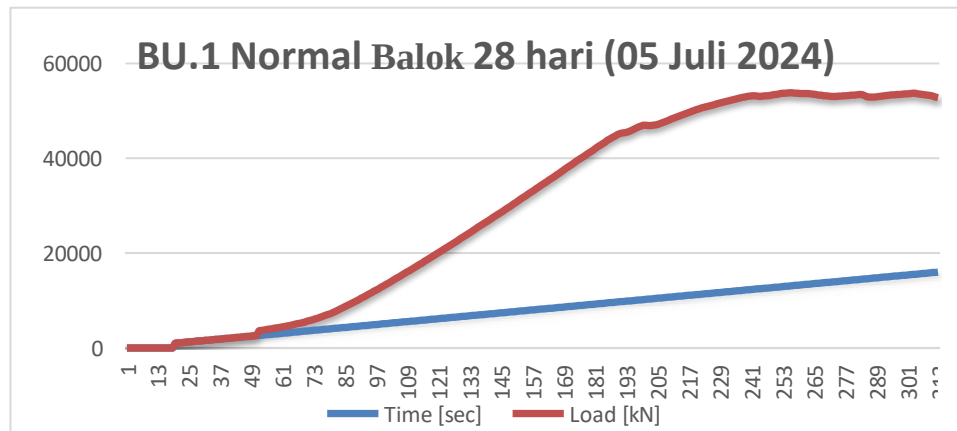
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 43,135 MPa setara dengan 762,266 kN.

Tabel 4. 28. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal Balok 28 hari

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	31,97	40,825	5,443
2	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	32,05	41,385	5,518
Rata - rata					32,01	41,11	5,48

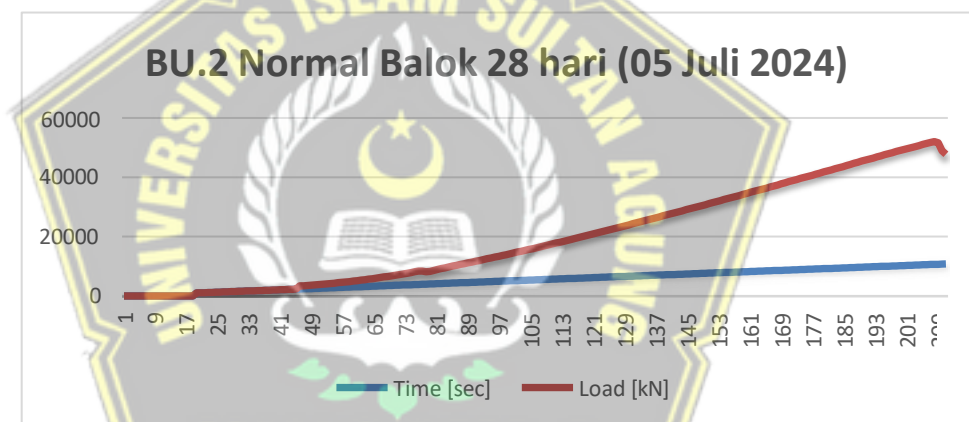
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 5,48 Mpa (41,11 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 28 hari nilai kuat lenturnya bernilai BN₁ 5,443 MPa (40,825 kN) sedangkan beton *fast track* balok BN₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 5,518 MPa (41,385) di umur beton 28 hari.



Gambar 4. 29. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 5,443 MPa setara dengan 40,825 kN,



Gambar 4. 30. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 5,518 MPa setara dengan 41,385 kN,

4.5.6 Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan Fast track 21

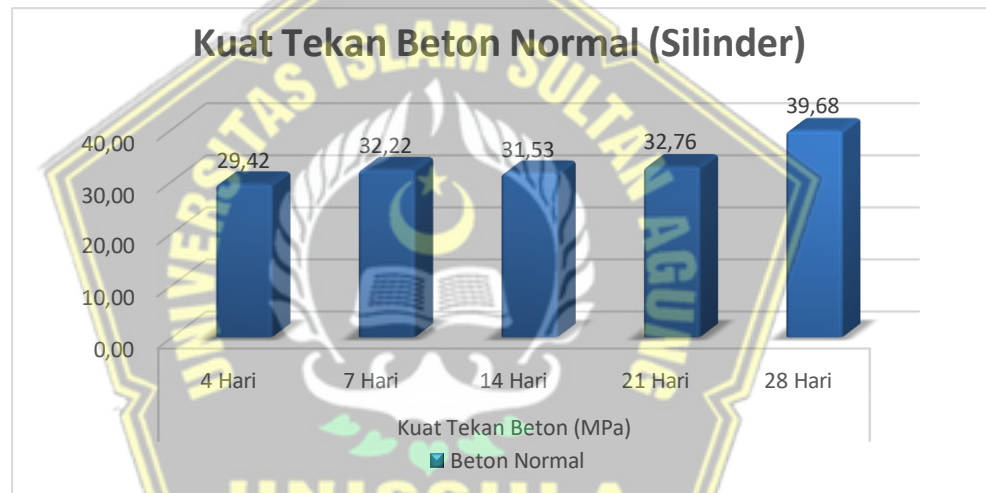
Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan beton *fast track* 21 komposisi normal umur 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 29. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Beton Normal Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				MPa
					(Kg)	kN	

1	BN	03/07/2024	08/07/2024	4 Hari	13,07	519,91	29,42
2	BN	03/07/2024	11/07/2024	7 Hari	12,43	571,06	32,22
3	BN	04/07/2024	18/07/2024	14 Hari	12,21	558,14	31,53
4	BN	04/07/2024	26/07/2024	21 Hari	13,12	578,83	32,76
5	BN	05/07/2024	02/08/2024	28 Hari	13,15	701,23	39,68

Berdasarkan Tabel 4.29 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton normal mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki kuat tekan 29,42 Mpa (519,91 kN), umur 7 hari memiliki kuat tekan 32,22 Mpa (571,06 kN), umur 14 hari memiliki kuat tekan 31,53 Mpa (558,14 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 32,76 Mpa (578,83 kN), dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 39,68 Mpa (701,23 kN)



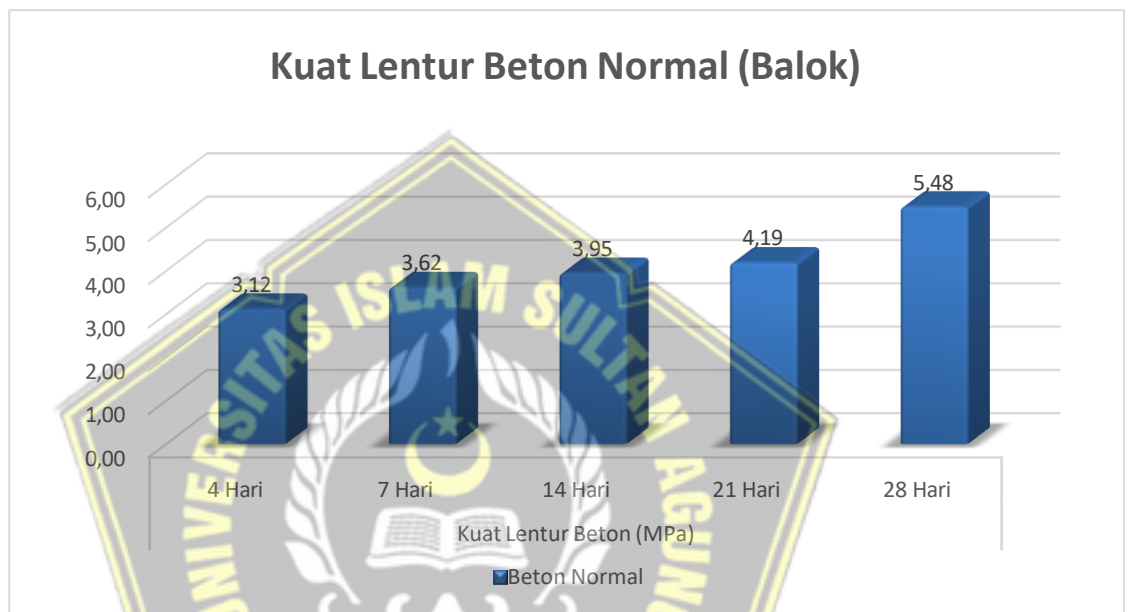
Gambar 4. 31. Grafik Rekapitulasi Rata-rata kuat tekan

Berdasarkan Tabel 4.31 perendaman umur beton memengaruhi nilai kuat tekan pada beton semakin lama perendaman maka nilai tekan beton akan semakin tinggi nilai kuat tekannya.

Tabel 4. 30. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Beton Normal Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BN	03/07/2024	08/07/2024	4	31,73	23,38	3,12
2	BN	03/07/2024	11/07/2024	7	31,71	27,16	3,62
3	BN	04/07/2024	18/07/2024	14	32,02	29,64	3,95
4	BN	04/07/2024	26/07/2024	21	32,43	31,40	4,19
5	BN	05/07/2024	02/08/2024	28	32,01	41,11	5,48

Berdasarkan Tabel 4.30 maka dapat diketahui nilai lentur beton normal mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki lentur 3,12 Mpa (23,38 kN), umur 7 hari memiliki lentur 3,62 Mpa (27,16 kN), umur 14 hari memiliki lentur 3,95 Mpa (29,64 kN), umur 21 hari memiliki lentur 4,19 Mpa (31,40 kN), dan umur 28 hari memiliki lentur 5,48 Mpa (41,11 kN)



Gambar 4. 32. Grafik Rekapitulasi Rata-rata kuat tekan

Berdasarkan Tabel 4.32 perendaman umur beton memengaruhi nilai lentur pada beton semakin lama perendaman maka nilai lentur beton akan semakin tinggi nilai kuat lenturnya.

4.6 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix

4.6.1 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 4 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Beton substitusi dramix umur 4 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

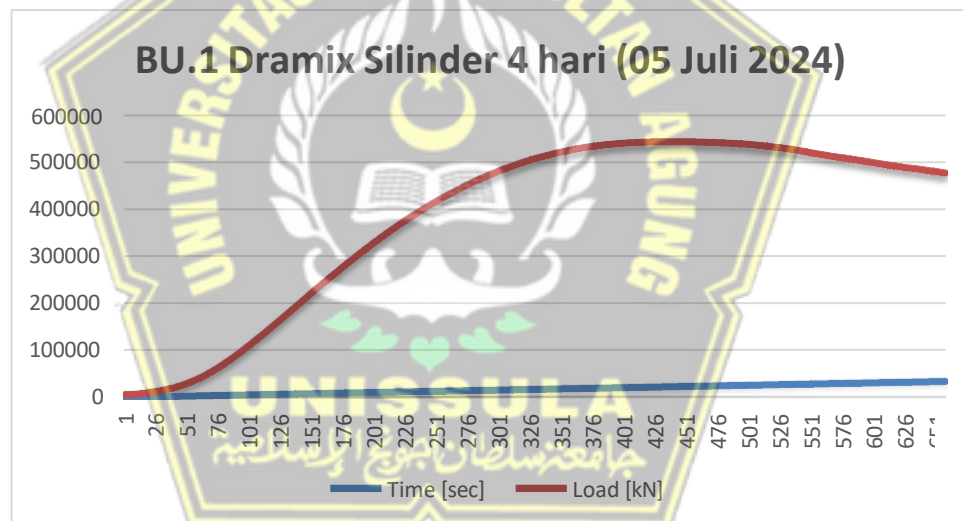
Tabel 4. 31. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa

1	BD	05/07/2024	10/07/2024	4	12,85	519,831	29,416
2	BD	05/07/2024	10/07/2024	4	13,04	535,969	30,33
3	BD	05/07/2024	10/07/2024	4	12,8	530,29	30,008
Rata - rata					12,90	528,70	29,92

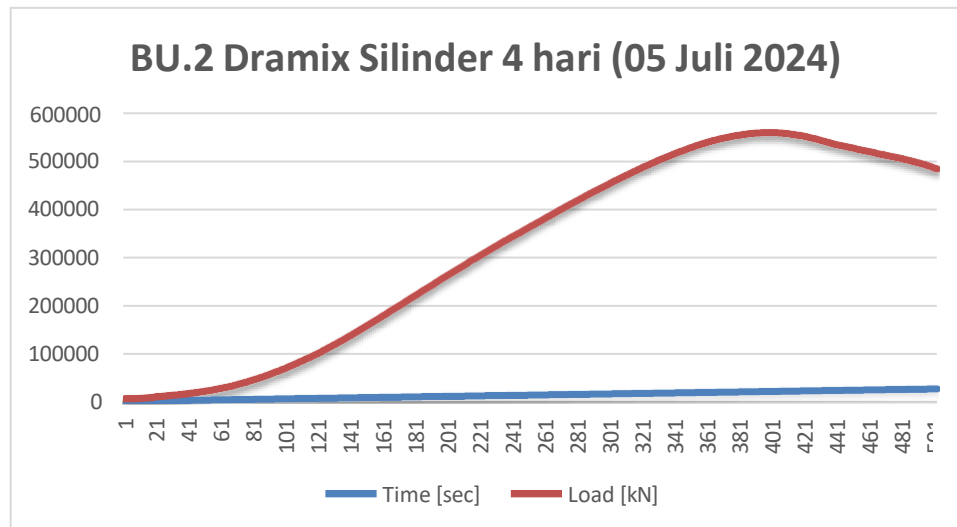
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 4 hari adalah 29,92 MPa setara dengan 528,70 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 4 hari. Dilihat dari Tabel 4.31 maka nilai kuat tekan beton substitusi dramix Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk substitusi dramix pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD_1 29,416 MPa (519,831 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BD_2) memiliki nilai kuat tekan 30,33 Mpa (535,969 kN) dan Benda Uji 3 (BD_3) memiliki nilai kuat tekan sebesar 30,008 Mpa (530,29 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton *fast track* 21 Mpa dalam waktu umur 4 hari telah terpenuhi.



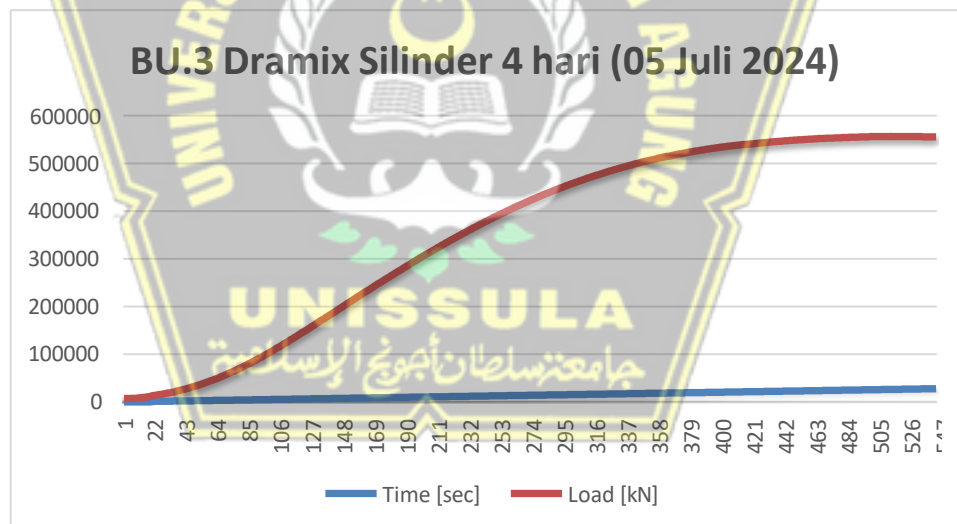
Gambar 4. 33. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 29,416 MPa setara dengan 519,83 kN,



Gambar 4. 34. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 pada umur beton 4 hari adalah 30,33 MPa setara dengan 535,97 kN,



Gambar 4. 35. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 3

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 30,008 MPa setara dengan 530,29 kN,

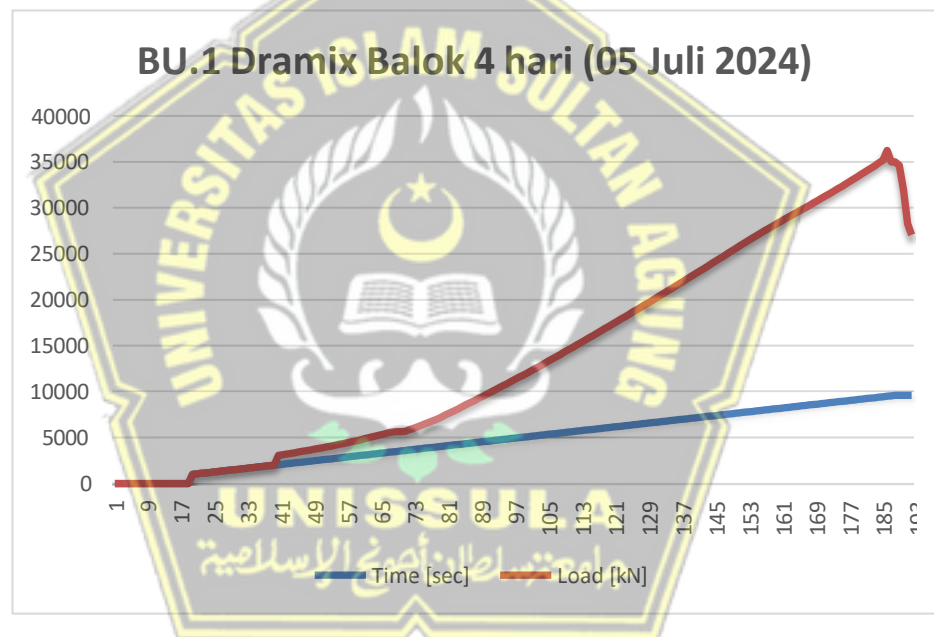
Tabel 4. 32. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Balok

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa

1	BD	05/07/2024	10/07/2024	4	32,14	26,744	3,566
2	BD	05/07/2024	10/07/2024	4	32,08	27,511	3,619
Rata - rata					32,11	27,13	3,59

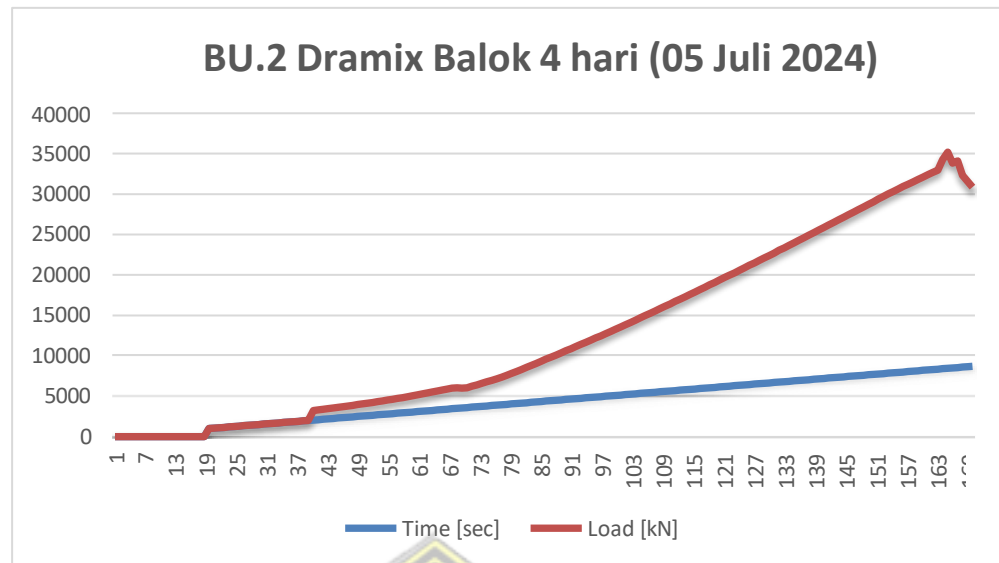
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,59 Mpa (27,13 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi dramix dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi dramix pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD₁ 3,566 MPa (26,744 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,69 MPa (27,511) di umur beton 4 hari.



Gambar 4. 36. Grafik Balok Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,566 MPa setara dengan 26.744 kN.



Gambar 4. 37. Grafik Balok Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,619 MPa setara dengan 27.511 kN.

4.6.2 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 7 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

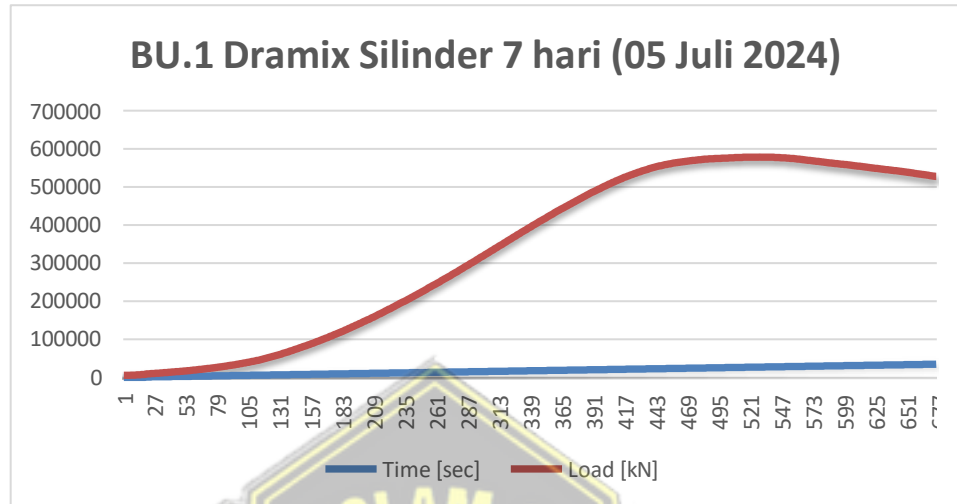
Tabel 4. 33. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan MPa
		Pembuatan	Uji				
1	BD	05/07/2024	14/07/2024	7	12,01	551,256	31,195
2	BD	05/07/2024	14/07/2024	7	11,69	564.885	31,966
3	BD	05/07/2024	14/07/2024	7	11,46	585,803	33,155
Rata – rata					11,72	567,314	32,11

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 7 hari adalah 32,11 MPa setara dengan 567,314 kN.

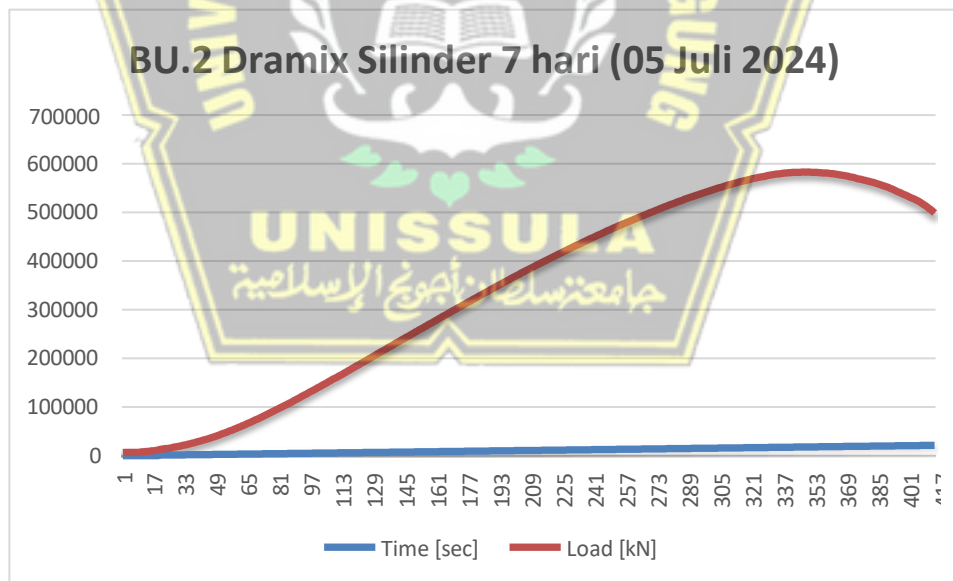
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 7 hari. Dilihat dari Tabel 4.33 maka nilai kuat tekan beton substitusi dramix, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi dramix pada umur 7 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD₁ 31,195 MPa (551,256 kN) sedangkan BD₂ memiliki nilai kuat tekan 31,966 Mpa (564,89 kN) dan

BD₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 333,155 Mpa (585,80 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 7 hari telah terpenuhi.



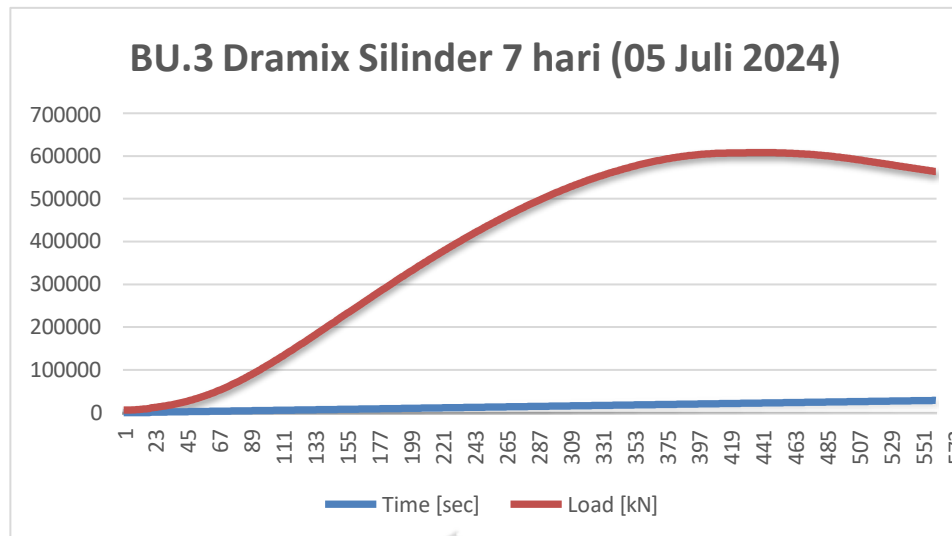
Gambar 4. 38. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 31,195 MPa setara dengan 551,256 kN.



Gambar 4. 39. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 31,966 MPa setara dengan 564,89 kN.



Gambar 4. 40. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 3

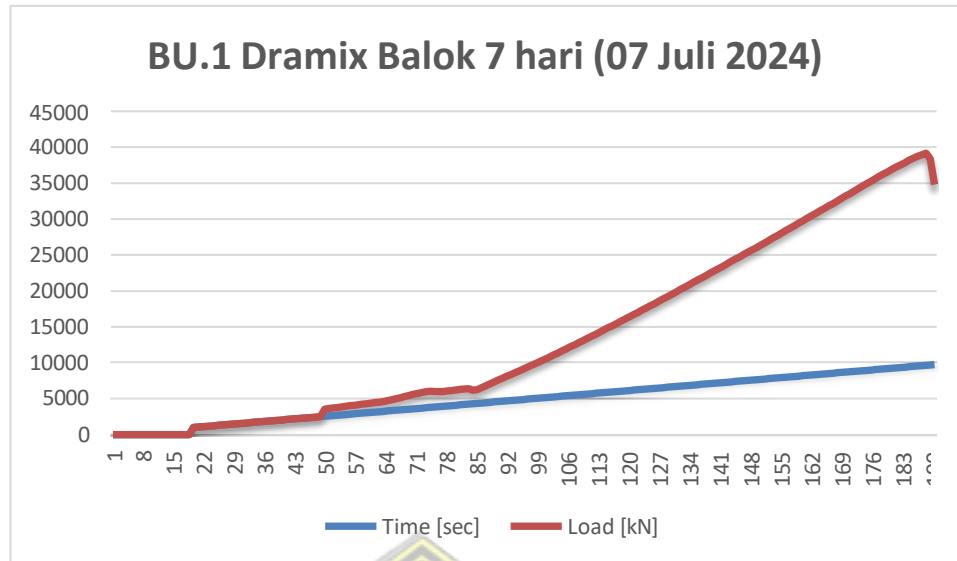
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 33,155 MPa setara dengan 585,80 kN.

Tabel 4. 34. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Dramix

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya kN	Kuat Tekan
					(Kg)		MPa
1	BD	05/07/2024	14/07/2024	7	33,28	29,515	3,935
2	BD	05/07/2024	14/07/2024	7	32,6	27,981	3,792
Rata - rata					32,94	28,75	3,86

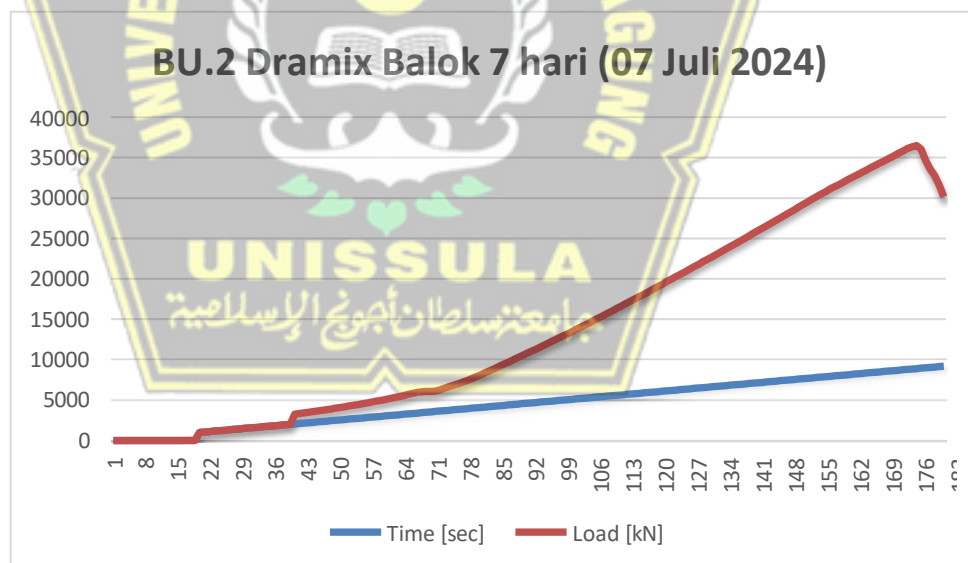
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,86 Mpa (28,75 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi dramix dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi dramix pada umur 7 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD₁ 3,935 MPa (29,515 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,792 MPa (27,981) di umur beton 7 hari.



Gambar 4. 41. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,935 MPa setara dengan 29,515 kN,



Gambar 4. 42. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,792 MPa setara dengan 27,981 kN.

4.6.3 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 14 Hari

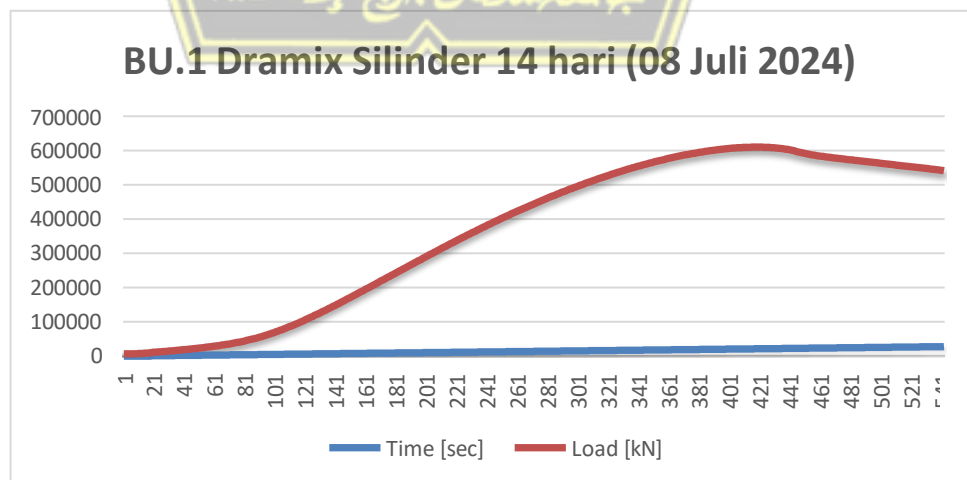
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 14 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 35. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				
1	BD	08/07/2024	22/07/2024	14	11,62	588,50	33,302
2	BD	08/07/2024	22/07/2024	14	11,87	596,07	33,731
3	BD	08/07/2024	22/07/2024	14	11,84	617,71	34,955
Rata - rata					11,78	600,76	33,996

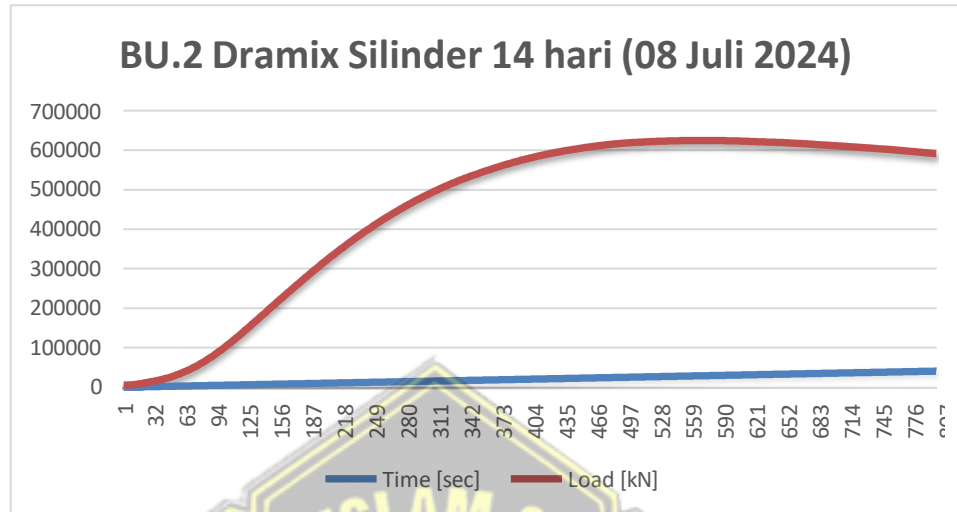
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 14 hari adalah 33,966 MPa setara dengan 558,50 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 14 hari. Dilihat dari Tabel 4.35 maka nilai kuat tekan beton substitusi dramix, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi dramix pada umur 14 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD₁ 33,302 MPa (588,5 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BD₂) memiliki nilai kuat tekan 33,731 Mpa (596,07 kN) dan Benda Uji 3 (BD₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 34,955 Mpa (617,71 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 14 hari telah terpenuhi.



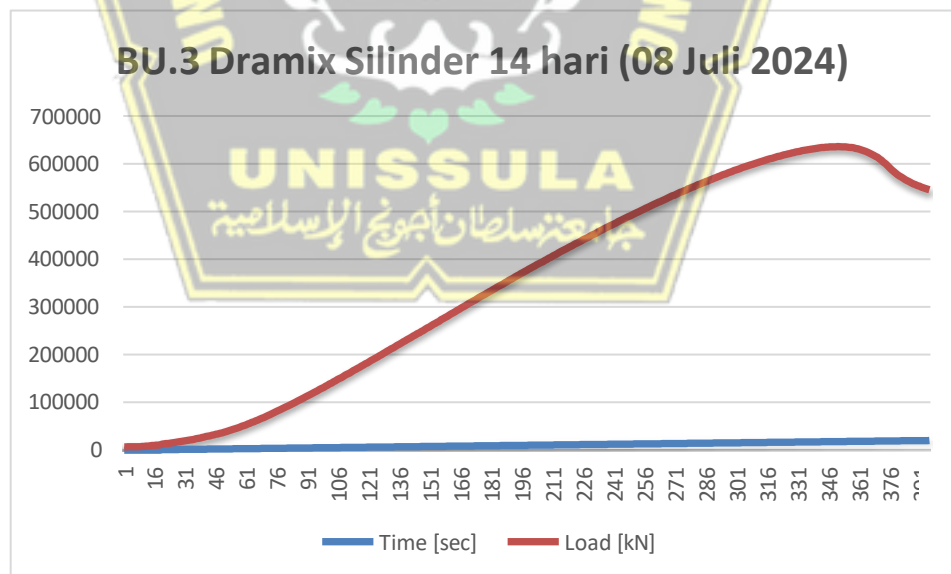
Gambar 4. 43. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 33,302 MPa setara dengan 588,50 kN,



Gambar 4. 44. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 pada umur beton 4 hari adalah 33,731 MPa setara dengan 596,07 kN,



Gambar 4. 45. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 3

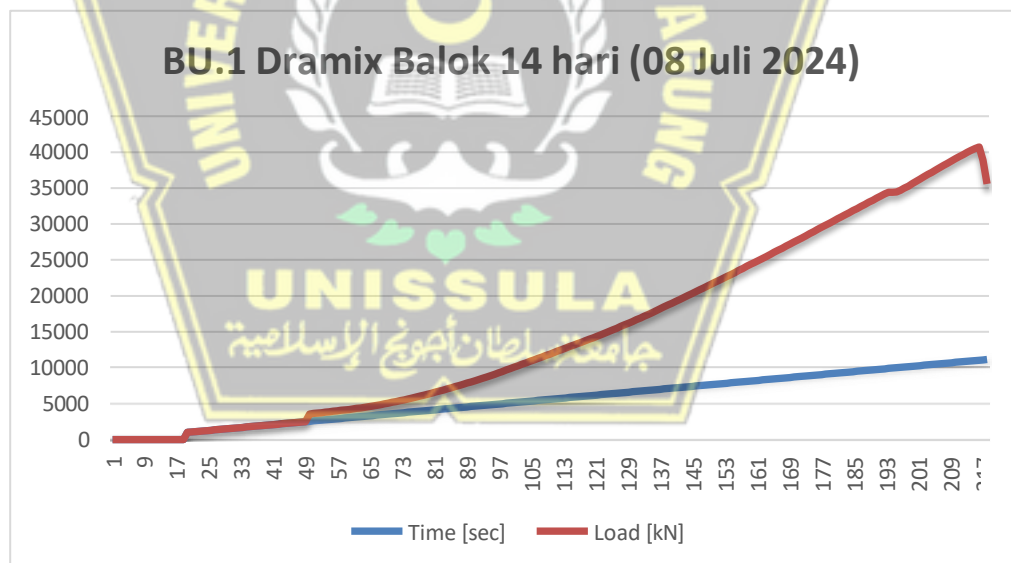
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 34,955 MPa setara dengan 617,71 kN,

Tabel 4. 36. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Dramix

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD	08/07/2024	22/07/2024	14	32,34	29,668	3,956
2	BD	08/07/2024	22/07/2024	14	32,27	33,714	4,495
Rata - rata					32,305	31,69	4,23

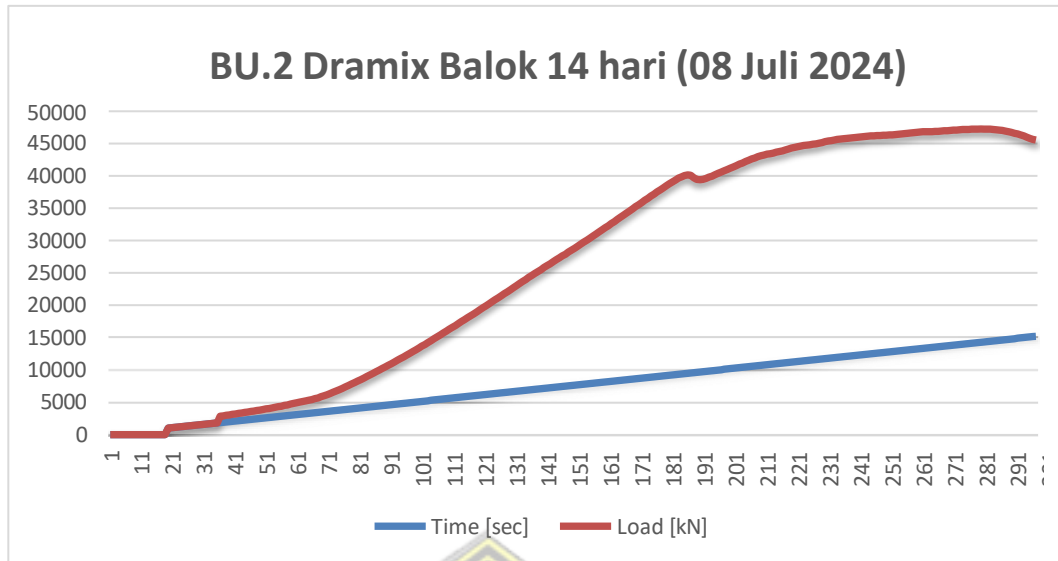
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 4,23 Mpa (31,69 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi dramix dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi dramix pada umur 14 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD₁ 3,956 MPa (29.668 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,495 MPa (33,714) di umur beton 14 hari.



Gambar 4. 46. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 3,956 MPa setara dengan 29,668 kN.



Gambar 4. 47. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 4,8495 MPa setara dengan 33,714 kN.

4.6.4 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 21 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 21 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

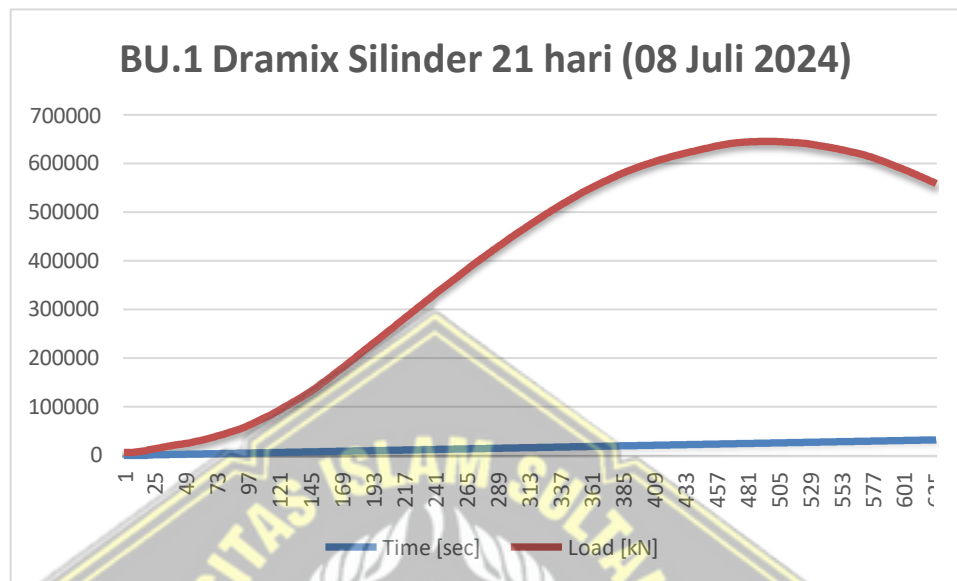
Tabel 4. 37. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Silinder

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan MPa
1	BD	08/07/2024	29/07/2024	21	11,69	620,17	35,10
2	BD	08/07/2024	29/07/2024	21	11,89	612,88	34,65
3	BD	08/07/2024	29/07/2024	21	13,03	590,56	33,34
Rata - rata					12,20	607,87	34,36

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 32,76 MPa setara dengan 578,83 kN.

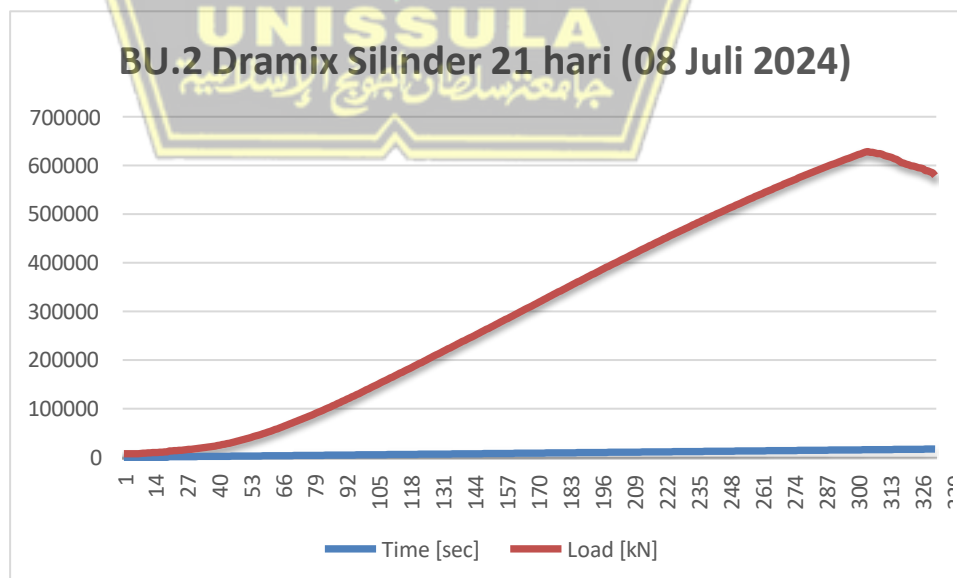
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 21 hari. Dilihat dari Tabel 4.36 maka nilai kuat tekan beton substitusi dramix Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi dramix pada umur 21 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD

1 35,10 MPa (620,17 kN) sedangkan BD 2 memiliki nilai kuat tekan 34,65 MPa (612,88 kN) dan BD 3 memiliki nilai kuat tekan sebesar 33,34 MPa (590,56 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 21 hari telah terpenuhi.



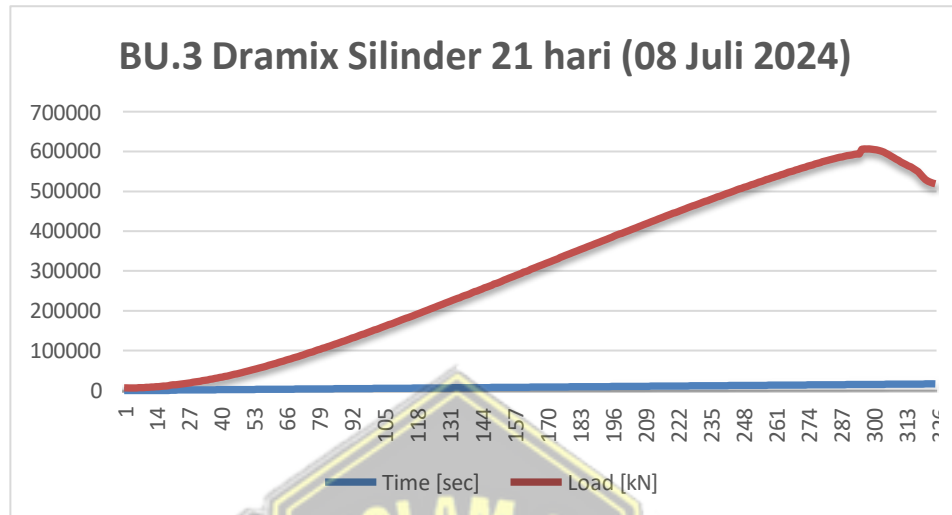
Gambar 4. 48. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 35,10 MPa setara dengan 620,17 kN.



Gambar 4. 49. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 34,653 MPa setara dengan 612,884 kN.



Gambar 4. 50. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 3

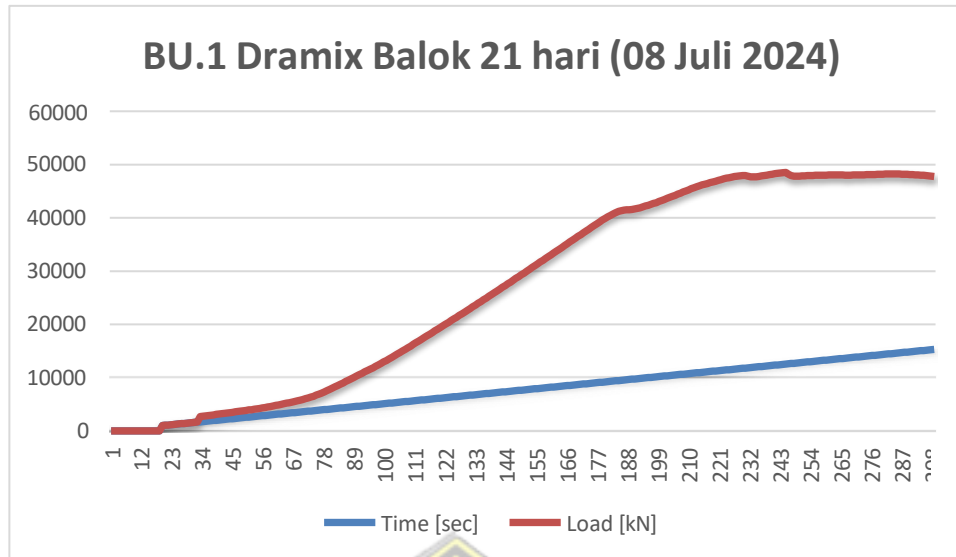
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 33,34 MPa setara dengan 590,56 kN.

Tabel 4. 38. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Dramix

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BD	08/07/2024	29/07/2024	21	32,09	36,184	4,825
2	BD	08/07/2024	29/07/2024	21	33,14	36,29	4,839
Rata - rata					32,615	36,24	4,83

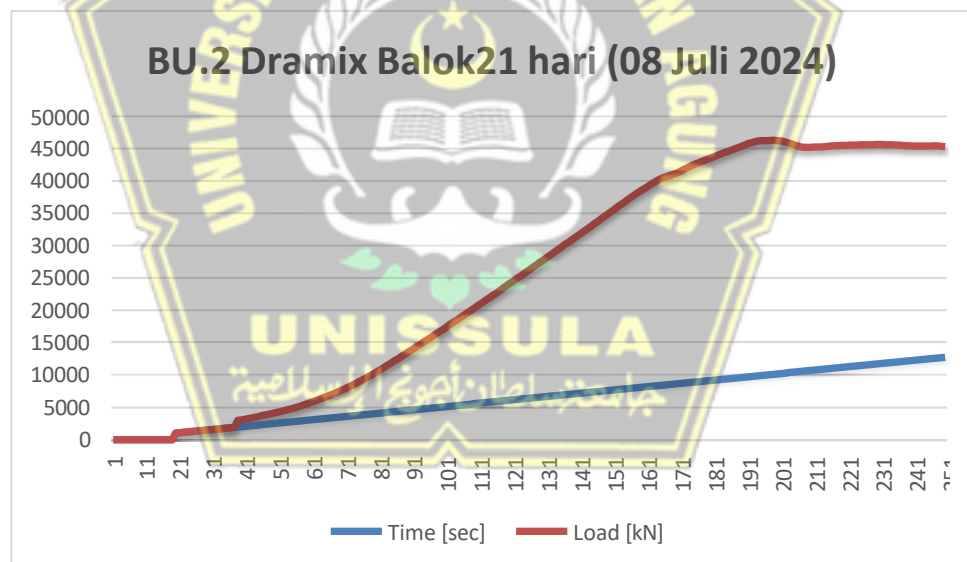
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 4,83 Mpa (36,24 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi dramix dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi dramix pada umur 21 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD 1 4,825 MPa (36,184 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD 2 nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,839 MPa (36,29) di umur beton 21 hari.



Gambar 4. 51. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 4,825 MPa setara dengan 36,184 kN,



Gambar 4. 52. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 4,839 MPa setara dengan 36,29 kN.

4.6.5 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 28 Hari

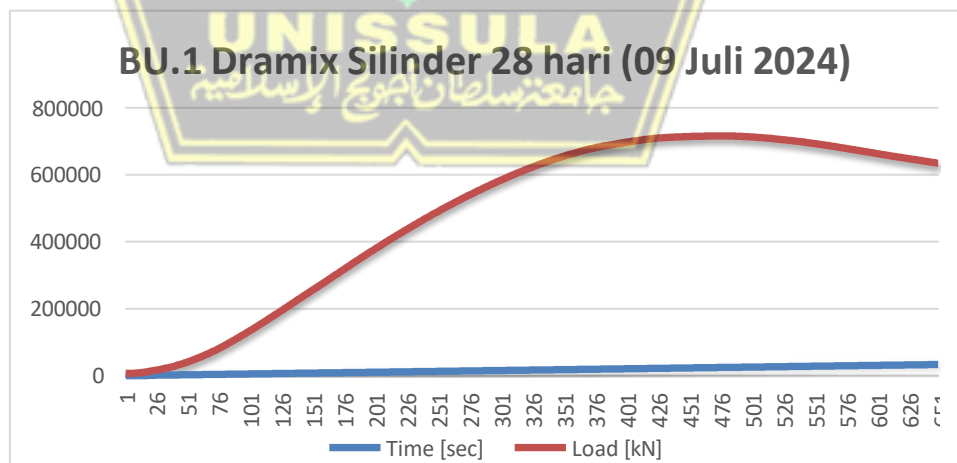
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi normal umur 28 haridapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 39. Tabel Hasil Pengujian Silinder Beton Substitusi Dramix

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji			kN	MPa
1	BD	09/07/2024	05/08/2024	28	12,02	692,81	39,148
2	BD	09/07/2024	05/08/2024	28	13,61	698,87	39,548
3	BD	09/07/2024	05/08/2024	28	12,81	761,65	43,101
Rata - rata					12,81	717,776	40,60

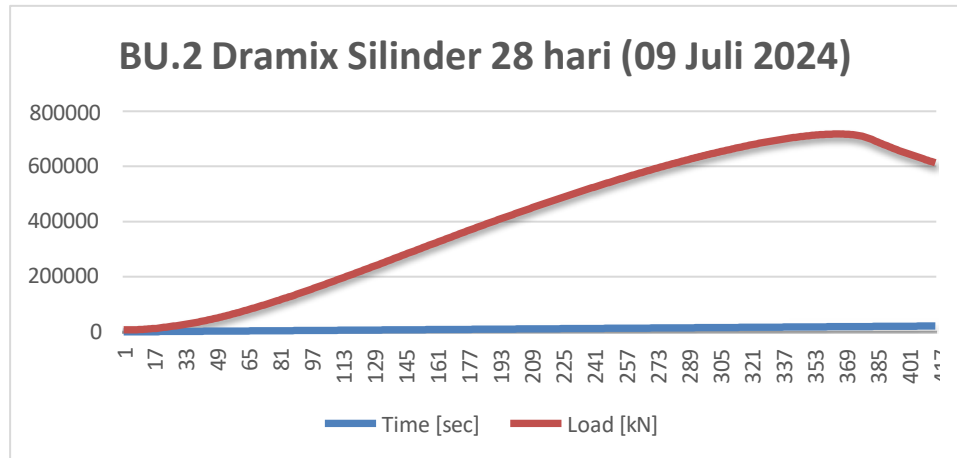
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 40,60 MPa setara dengan 717,776 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 28 hari, pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Dilihat dari Tabel 4.38 maka nilai kuat tekan beton substitusi dramix Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi dramix pada umur 28 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD ₁ 39,148 MPa (692,81 kN) sedangkan BD ₂ memiliki niai kuat tekan 39,548 Mpa (698,87 kN) dan BD ₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 43,101 Mpa (761,65 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan terebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa dalam waktu umur 28 hari telah terpenuhi.



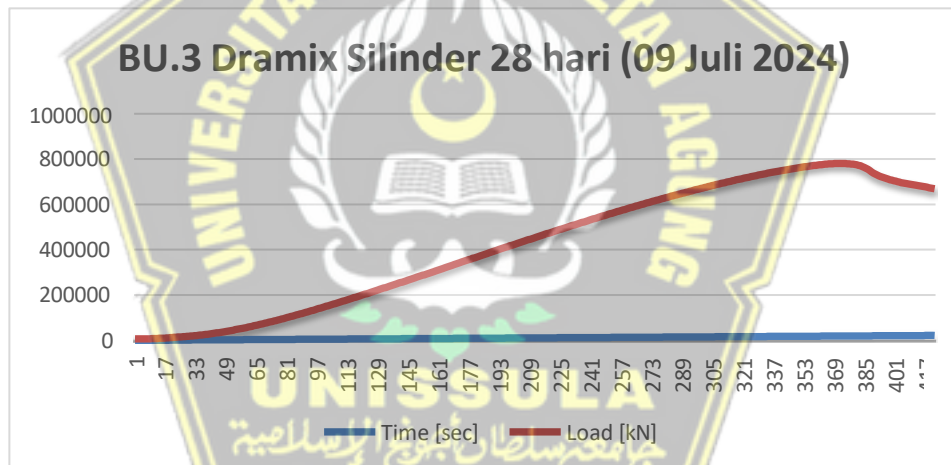
Gambar 4. 53. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 39,148 MPa setara dengan 692,811 kN.



Gambar 4. 54. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 39,548 MPa setara dengan 698,87 kN.



Gambar 4. 55. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 3

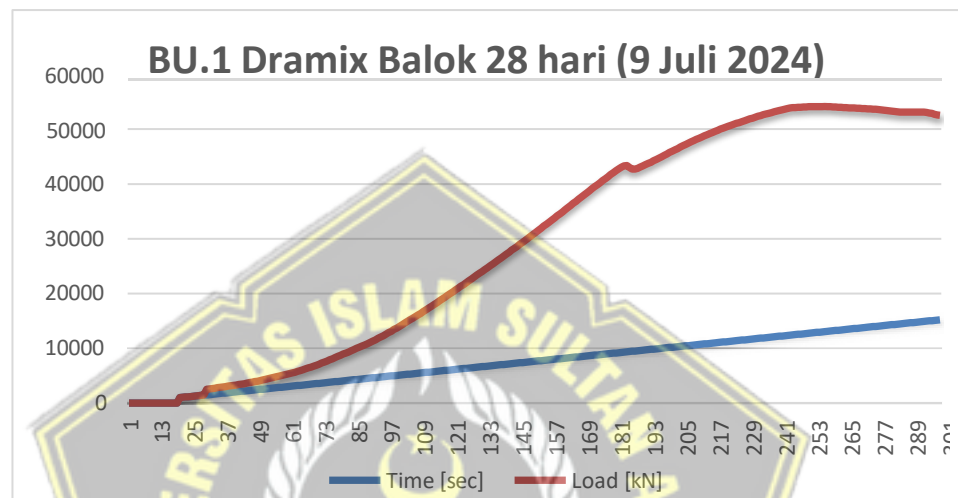
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 43,101 MPa setara dengan 761,65 kN.

Tabel 4. 40. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix Balok

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BD	09/07/2024	05/08/2024	28	32,67	41,47	5,529
2	BD	09/07/2024	05/08/2024	28	32,73	41,38	5,517
Rata - rata					32,7	41,42	5,52

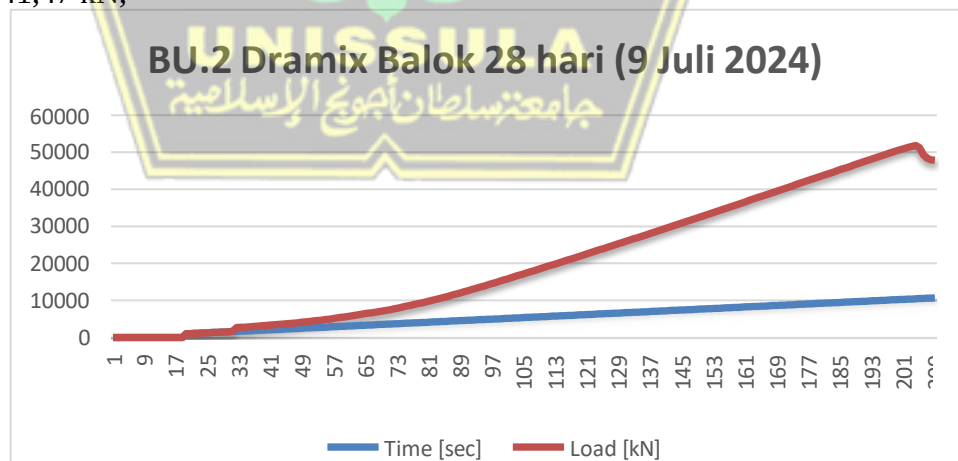
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 5,52 Mpa (41,42 kN)

Nlai kuat lentur beton balok substitusi dramix dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 28 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD₁ 5,529 MPa (41,47 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 5,517 MPa (41,38) di umur beton 28 hari.



Gambar 4. 56. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 5,529 MPa setara dengan 41,47 kN,



Gambar 4. 57. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 5,517 MPa setara dengan 41,38 kN

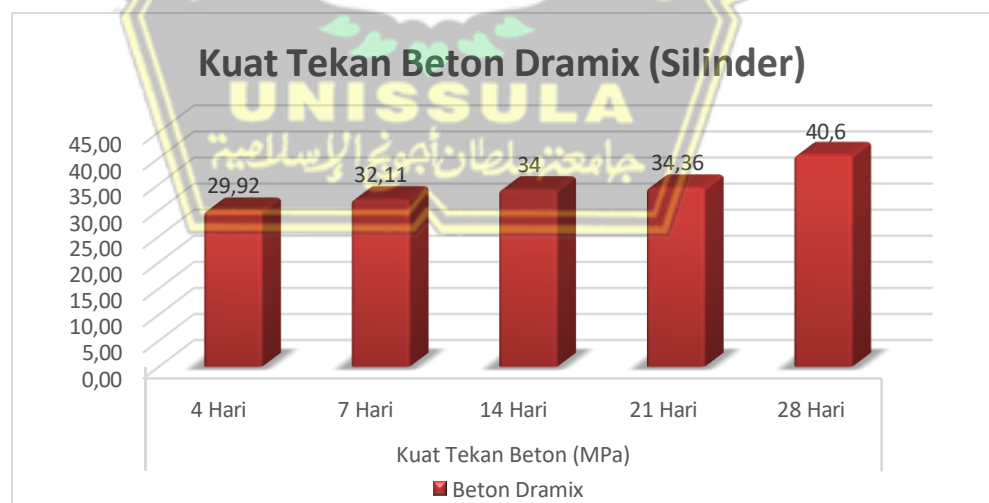
4.6.6 Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan Fast track 21 Beton Dramix

Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi substitusi dramix umur 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 41. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Beton Dramix Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD	05/07/2024	10/07/2024	4 Hari	12,9	528,70	29,92
2	BD	05/07/2024	14/07/2024	7 Hari	11,72	567,31	32,11
3	BD	08/07/2024	22/07/2024	14 Hari	11,78	600,76	34,00
4	BD	08/07/2024	29/07/2024	21 Hari	12,2	607,87	34,36
5	BD	09/07/2024	05/08/2024	28 Hari	12,81	717,75	40,60

Berdasarkan Tabel 4.40 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton substitusi dramix mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki kuat tekan 29,92 Mpa (528,70 kN), umur 7 hari memiliki kuat tekan 32,11 Mpa (567,31 kN), umur 14 hari memiliki kuat tekan 34,00 Mpa (60,76 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 34,36 Mpa (607,87 kN), dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 40,60 Mpa (717,75 kN)



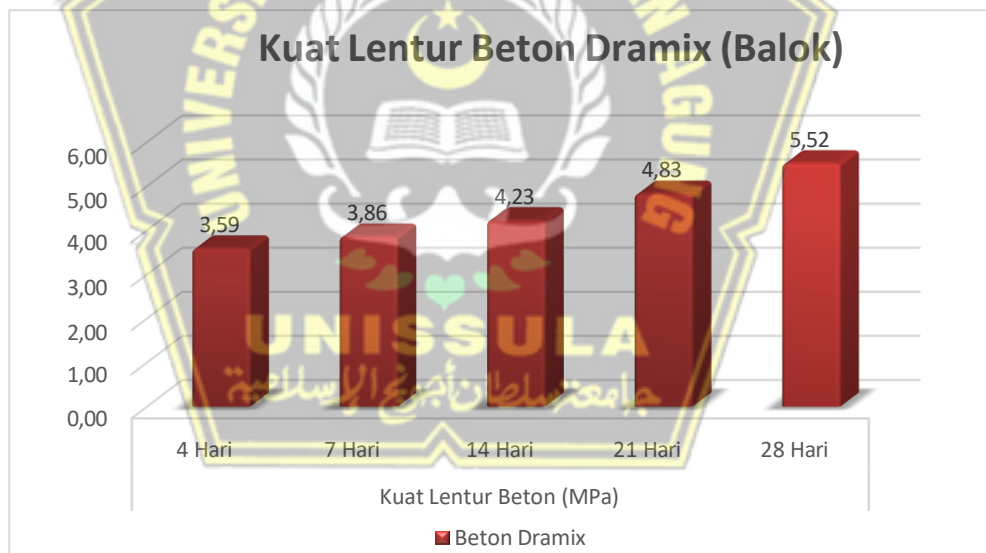
Gambar 4.58. Grafik Rekapitulasi Rata-rata kuat tekan

Berdasarkan gambar 4.58 diketahui bahwa perendaman umur beton memengaruhi nilai kuat tekan pada beton semakin lama perendaman maka nilai tekan beton akan semakin tinggi nilai kuat tekannya.

Tabel 4. 42. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Balok Beton Dramix

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD	05/07/2024	10/07/2024	4 Hari	32,11	27,13	3,59
2	BD	05/07/2024	14/07/2024	7 Hari	32,94	28,75	3,86
3	BD	08/07/2024	22/07/2024	14 Hari	32,305	31,69	4,23
4	BD	08/07/2024	29/07/2024	21 Hari	32,615	36,24	4,83
5	BD	09/07/2024	05/08/2024	28 Hari	32,7	41,42	5,52

Berdasarkan Tabel 4.41 maka dapat diketahui nilai lentur beton substitusi dramix mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki lentur 3,59 Mpa (27,13 kN), umur 7 hari memiliki lentur 3,86 Mpa (28,75 kN), umur 14 hari memiliki lentur 4,23 Mpa (31,69 kN), umur 21 hari memiliki lentur 4,83 Mpa (36,24 kN), dan umur 28 hari memiliki lentur 5,52 Mpa (41,42 kN)



Gambar 4. 59. Grafik Rekapitulasi Rata-rata kuat tekan

Berdasarkan gambar 4.59 perendaman umur beton memengaruhi nilai lentur pada beton semakin lama perendaman maka nilai lentur beton akan semakin tinggi nilai kuat lenturnya.

4.7 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Agg. PET

4.7.1 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 4 Hari

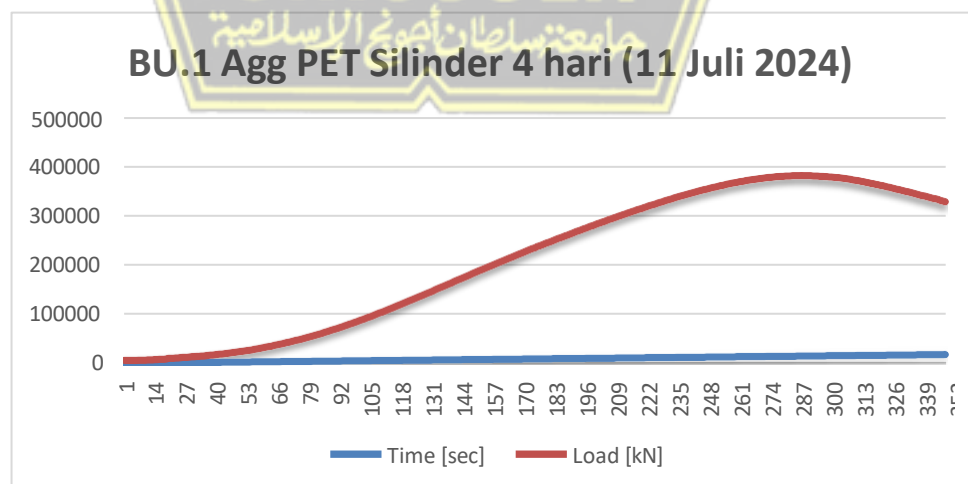
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Beton substitusi Agregat PET umur 4 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 43. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Agg. PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/08/2024	16/08/2024	4	12,45	366,744	20,756
2	BPET	11/08/2024	16/08/2024	4	12,56	381,217	21,572
3	BPET	11/08/2024	16/08/2024	4	12,73	353,932	20,028
Rata - rata					12,58	367,30	20,79

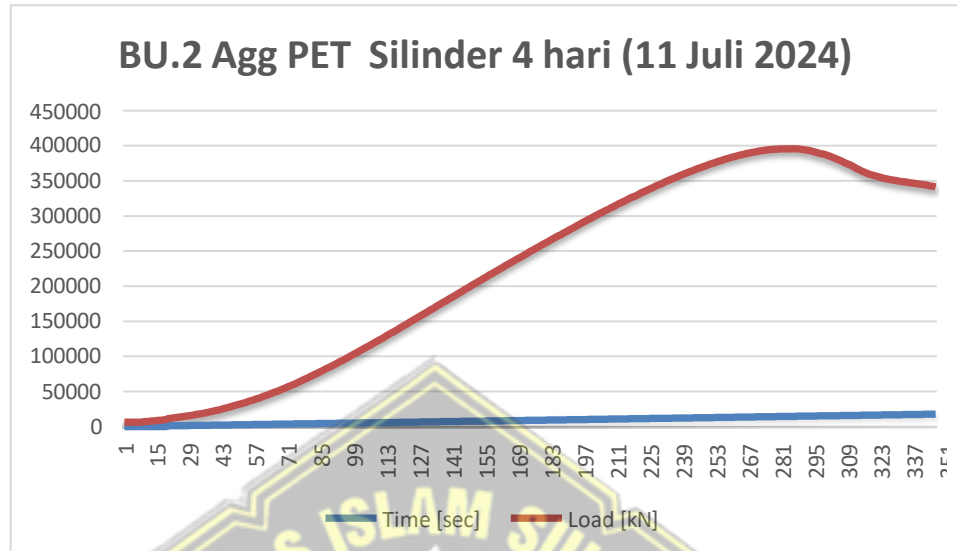
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 4 hari adalah 20,79 MPa setara dengan 367,30 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 4 hari. Dilihat dari Tabel 4.42 maka nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk substitusi agregat PET pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BPET₁ 20,756 MPa (366,744 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BPET₂) memiliki nilai kuat tekan 21,572 Mpa (381,217 kN) dan Benda Uji 3 (BPET₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 20,008 Mpa (353,932 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk capuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 4 hari tidak terpenuhi.



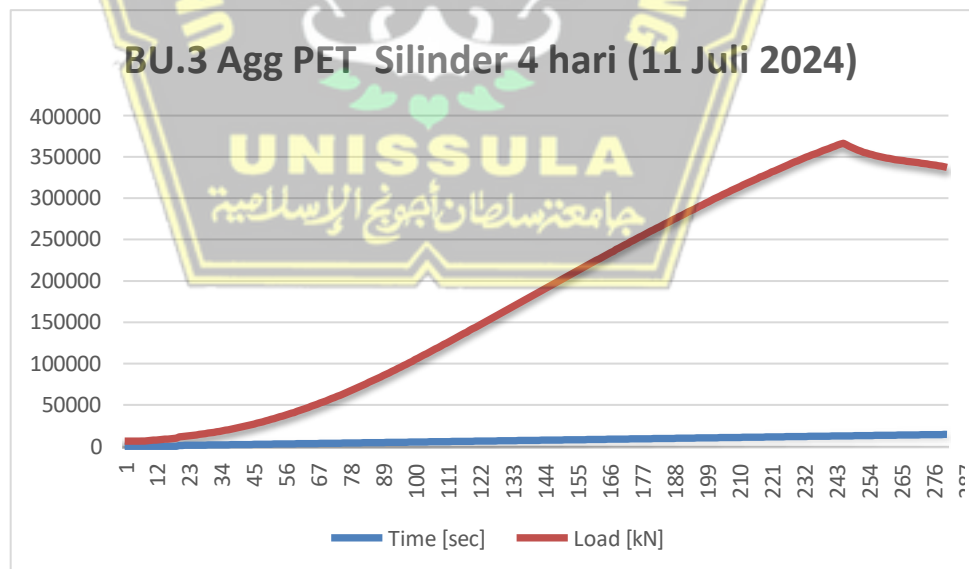
Gambar 4. 60. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 4 hari adalah 20,756 MPa setara dengan 366,744 kN,



Gambar 4. 61. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* pada umur beton 4 hari adalah 21,572 MPa setara dengan 381,217 kN,



Gambar 4. 62. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 3

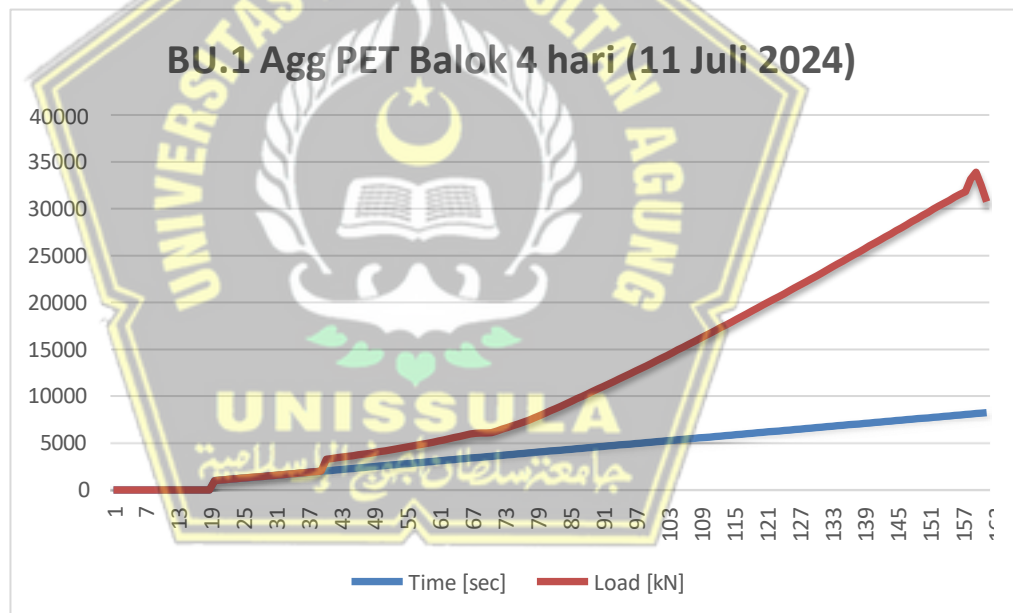
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 4 hari adalah 20,008 MPa setara dengan 353,932 kN,

Tabel 4. 44. Tabel Hasil Pengujian Beton Subtitusi Agg. PET Balok

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/07/2024	16/07/2024	4	31,54	25,75	3,433
2	BPET	11/07/2024	16/07/2024	4	31,81	24,509	3,268
Rata - rata					31,675	25,13	3,35

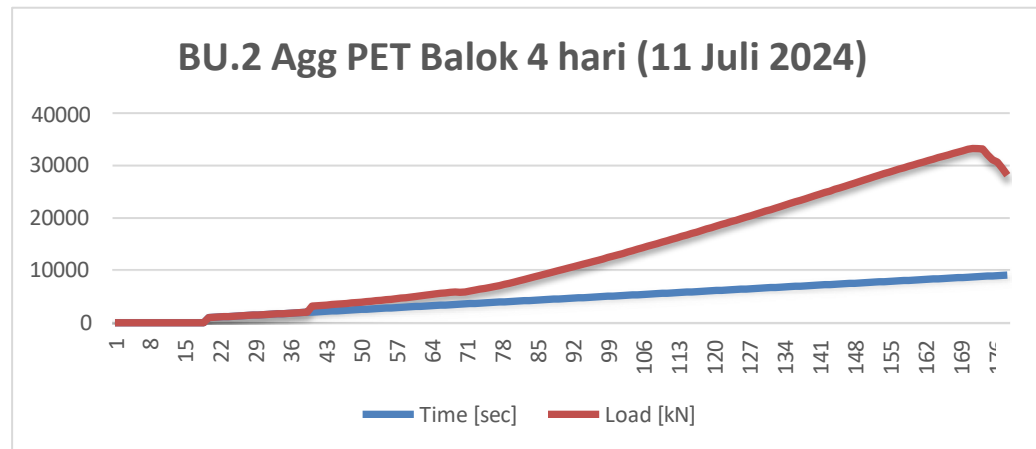
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,35 Mpa (25,75 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi agregat PET pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai BPET₁ 3,433 MPa (25,75 kN) sedangkan beton *fast track* balok BPET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,268 MPa (24,509) di umur beton 4 hari.



Gambar 4. 63. Grafik Balok Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,433 MPa setara dengan 25,75 kN.



Gambar 4. 64. Grafik Balok Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,268 MPa setara dengan 24,509 kN.

4.7.2 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi agregat PET umur 7 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

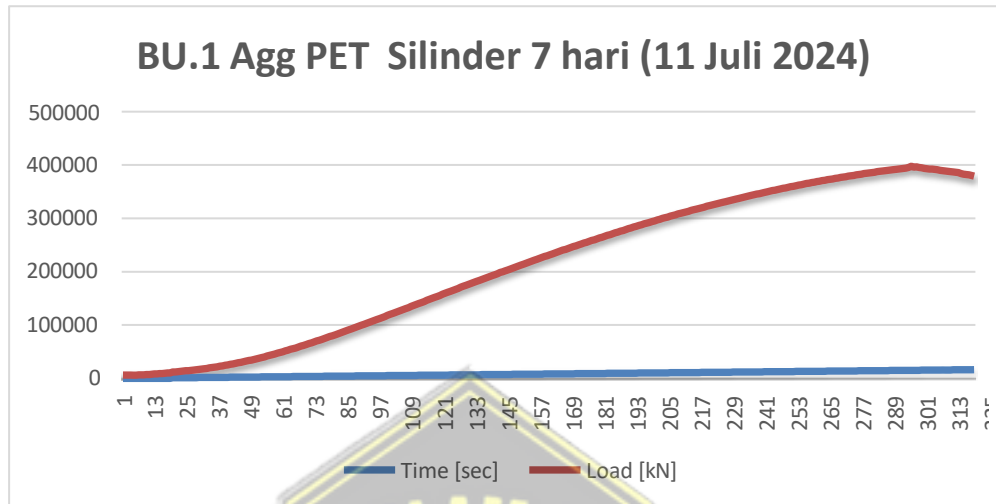
Tabel 4. 45. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Agg. PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/07/2024	19/07/2024	7	12,27	382,548	21,648
2	BPET	11/07/2024	19/07/2024	7	13,05	371,206	21,006
3	BPET	11/07/2024	19/07/2024	7	13,14	392,749	22,225
Rata - rata					12,82	382,17	21,63

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 7 hari adalah 21,63 MPa setara dengan 382,17 kN.

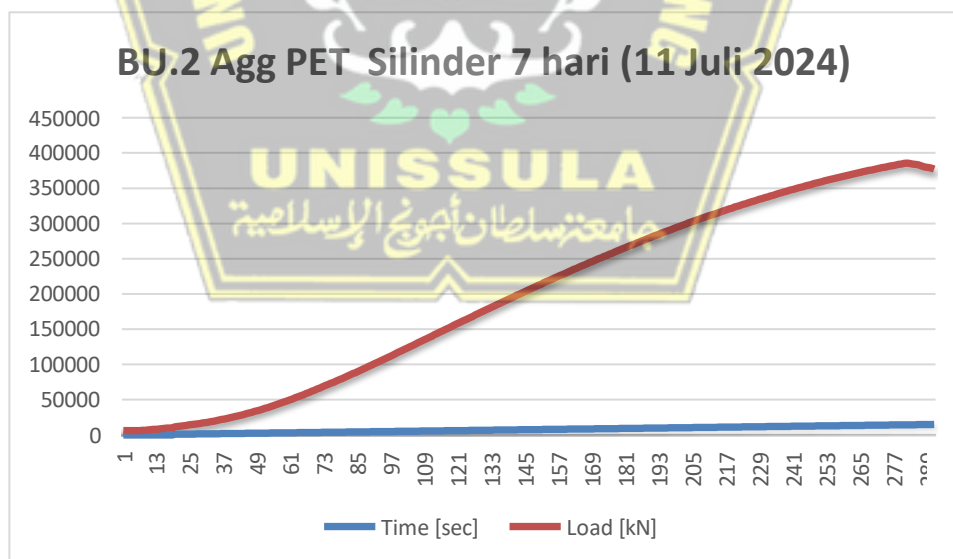
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 7 hari. Dilihat dari Tabel 4.43 maka nilai kuat tekan beton agregat PET, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi agregat PET pada umur 7 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BPET₁ 21,648 MPa (382,548 kN) sedangkan BPET₂ memiliki nilai kuat tekan 21,006 MPa (371,206 kN) dan BPET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 22,225 MPa

(392,749 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk campuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 7 hari tidak terpenuhi.



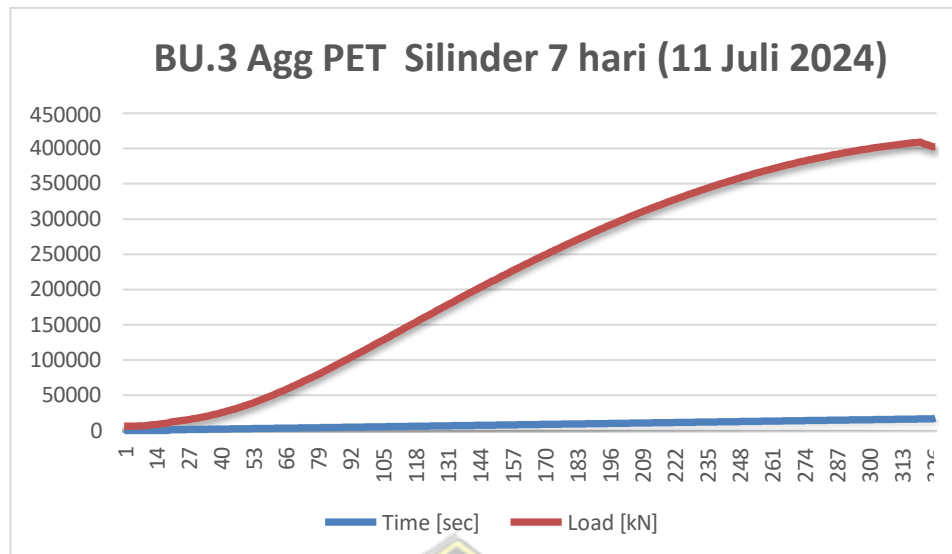
Gambar 4. 65. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 21,648 MPa setara dengan 382,548 kN.



Gambar 4. 66. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 21,006 MPa setara dengan 371,206 kN.



Gambar 4. 67. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 3

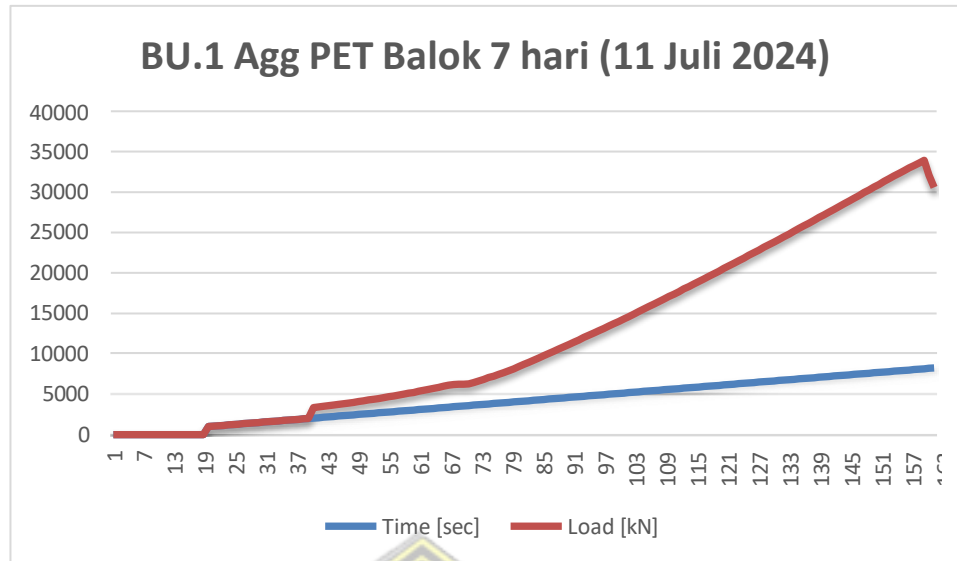
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 22,225 MPa setara dengan 39,749 kN.

Tabel 4. 46. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Agg, PET

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/07/2024	19/07/2024	7	32,18	25,783	3,438
2	BPET	11/07/2024	16/07/2024	7	31,92	23,119	3,082
Rata - rata					32,05	24,45	3,26

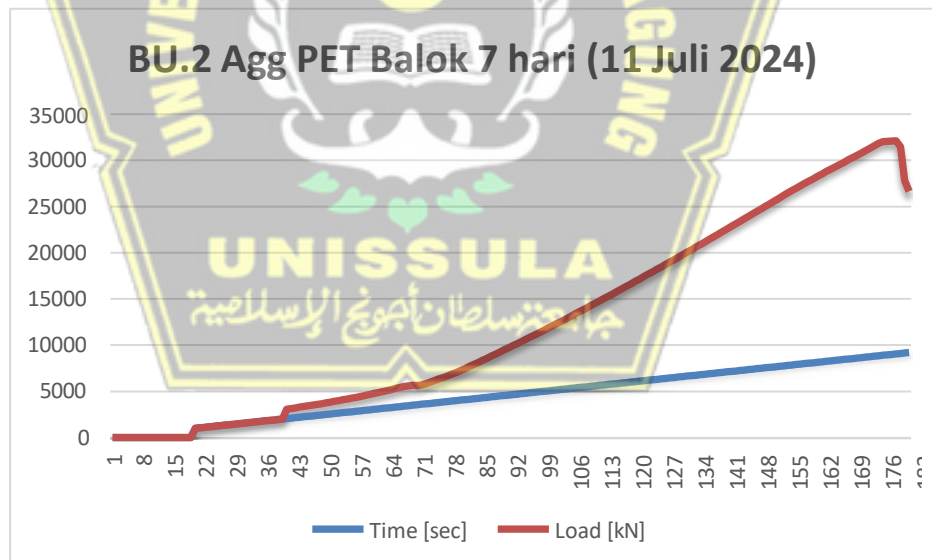
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,26 Mpa (24,45 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi dramix pada umur 7 hari nilai kuat lenturnya bernilai BPET₁ 3,438 MPa (25,783 kN) sedangkan beton *fast track* balok BPET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,082 MPa (23,119) di umur beton 7 hari.



Gambar 4. 68. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,438 MPa setara dengan 25,783 kN,



Gambar 4. 69. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,082 MPa setara dengan 23,083 kN.

4.7.3 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 14 Hari

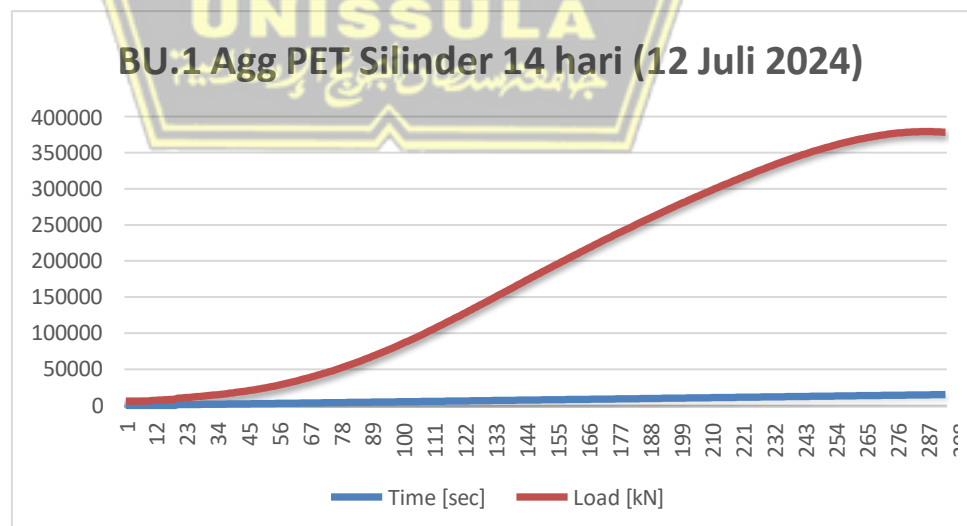
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi substitusi agregat PET umur 14 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 47. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Agg, PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14	13,51	362,569	20,517
2	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14	12,8	409,561	23,176
3	BPET	12/07/2024	04/08/2024	14	12,91	403,74	22,847
Rata - rata					13,07	391,96	22,18

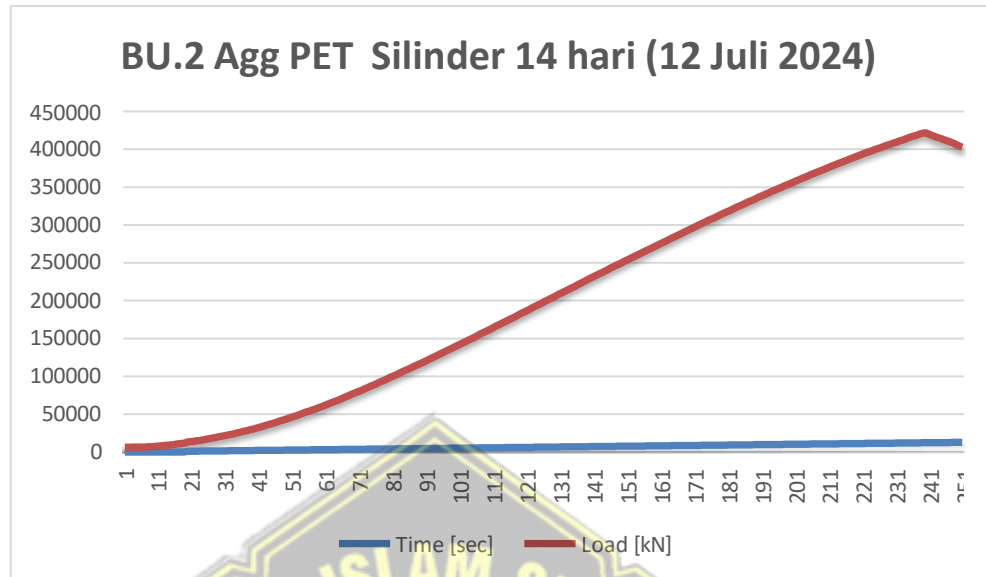
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 14 hari adalah 22,18 MPa setara dengan 391,96 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 14 hari. Dilihat dari Tabel 4.45 maka nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi agregat PET pada umur 14 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BPET₁ 20,517 MPa (362,569 kN) sedangkan Benda Uji 2 (B BPET₂) memiliki nilai kuat tekan 23,176 Mpa (409,561 kN) dan Benda Uji 3 (BPET₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 22,487 Mpa (403,74 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk capuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 14 hari tidak terpenuhi.



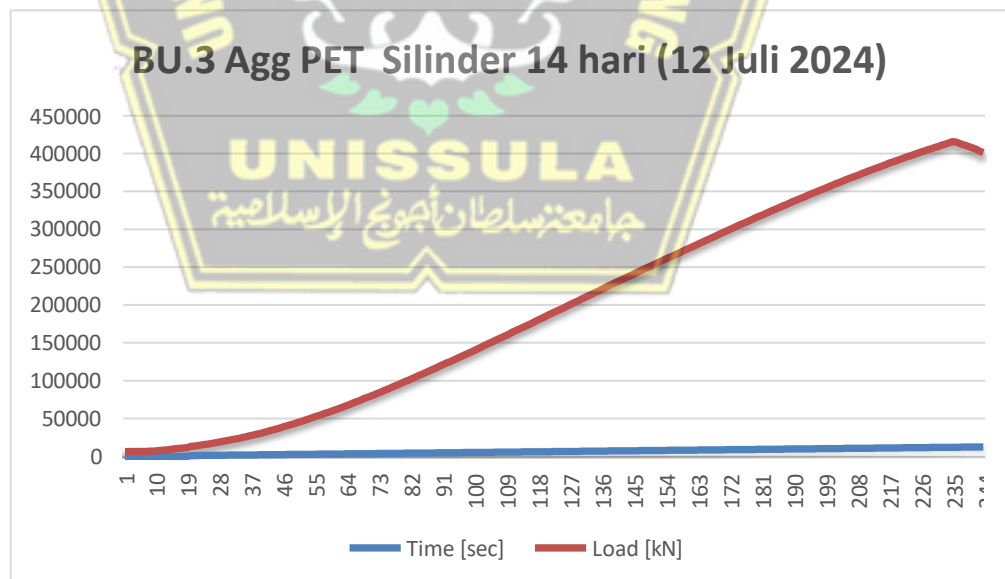
Gambar 4. 70. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 1
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast*

track 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 20,517 MPa setara dengan 362,569 kN,



Gambar 4. 71. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* pada umur beton 4 hari adalah 23,176 MPa setara dengan 409,561 kN,



Gambar 4. 72. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 3

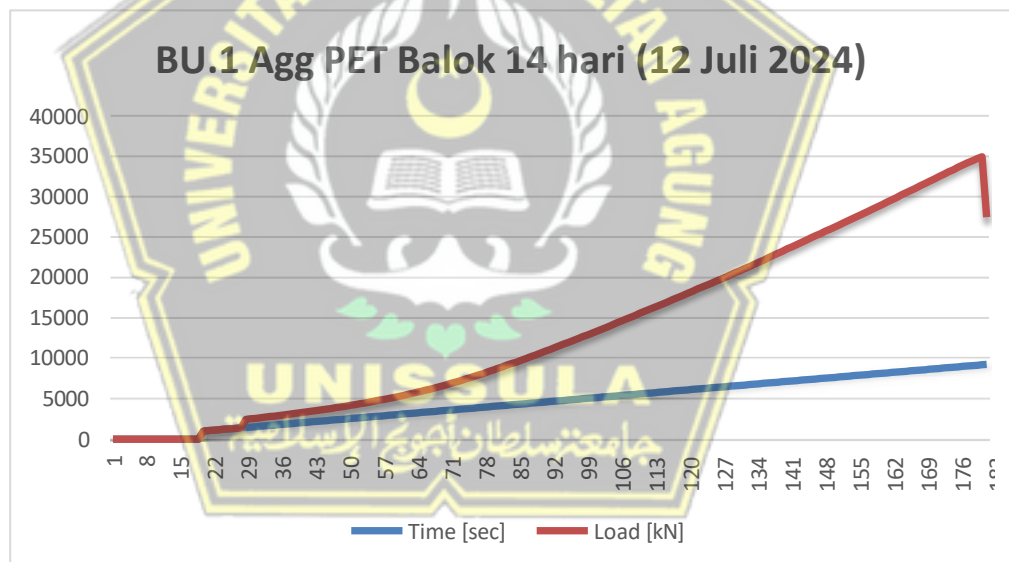
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 14 hari adalah 22,487 MPa setara dengan 403,74 kN,

Tabel 4. 48. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Agg. PET

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14	31,56	25,731	3,431
2	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14	31,74	30,253	4,034
Rata - rata					31,65	27,99	3,73

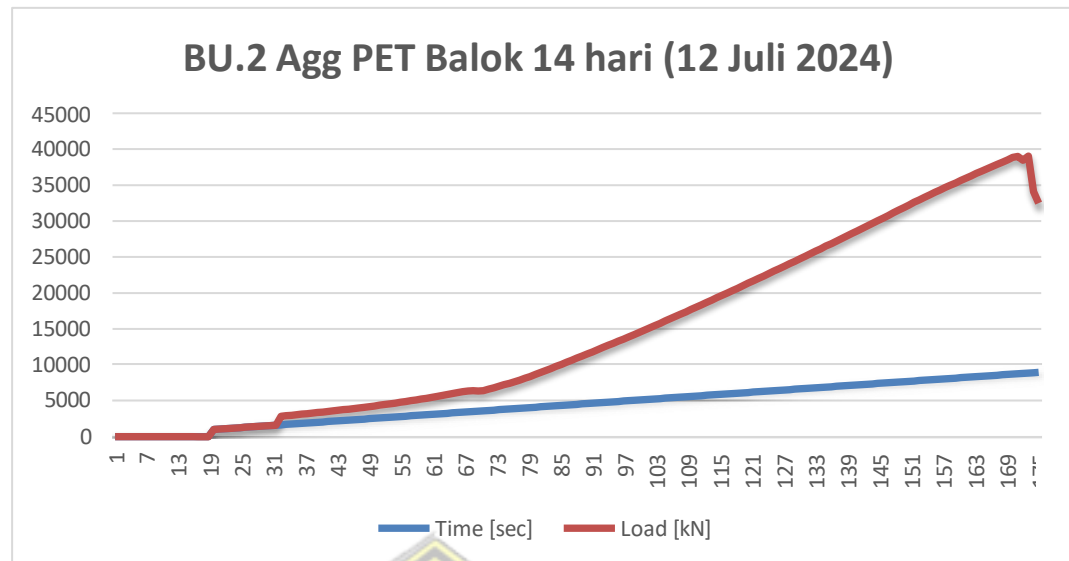
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,73 Mpa (27,99 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi agregat PET pada umur 14 hari nilai kuat lenturnya bernilai BPET₁ 3,431 MPa (25,731 kN) sedangkan beton *fast track* balok BPET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,034 MPa (30,253) di umur beton 14 hari.



Gambar 4. 73. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 3,431 MPa setara dengan 25,731 kN.



Gambar 4. 74. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 4,034 MPa setara dengan 30,253 kN.

4.7.4 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 21 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi agregat PET umur 21 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

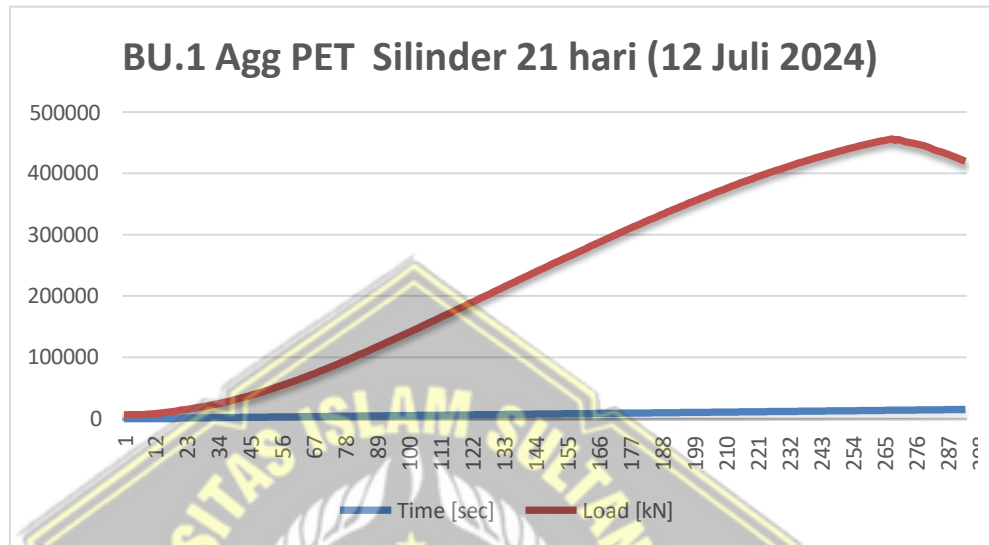
Tabel 4. 49. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Agg. PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				MPa
1	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21	12,75	443,353	25,089
2	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21	12,64	426,126	24,114
3	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21	12,93	458,922	25,97
Rata - rata					12,77	442,80	25,06

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 35,06 MPa setara dengan 442,80 kN.

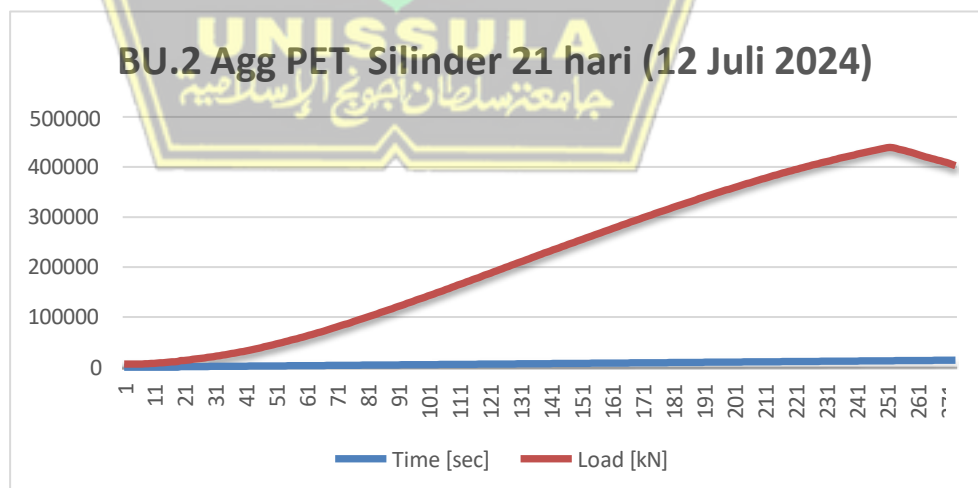
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 21 hari. Dilihat dari Tabel 4.47 maka nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi agregat PET pada umur 21 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BPET₁

25,089 MPa (443,353 kN) sedangkan BPET₂ memiliki nilai kuat tekan 24,114 MPa (426,126 kN) dan BPET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,97 MPa (458,922 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk campuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 21 hari tidak terpenuhi.



Gambar 4. 75. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 1

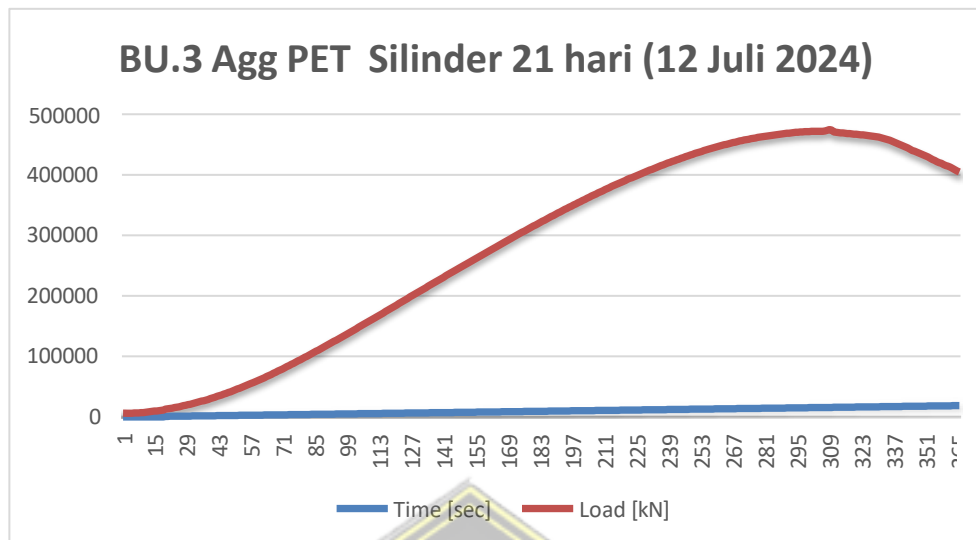
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 25,089 MPa setara dengan 443,353 kN.



Gambar 4. 66. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 24,114 MPa setara dengan

426,126 kN.



Gambar 4. 77. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 3

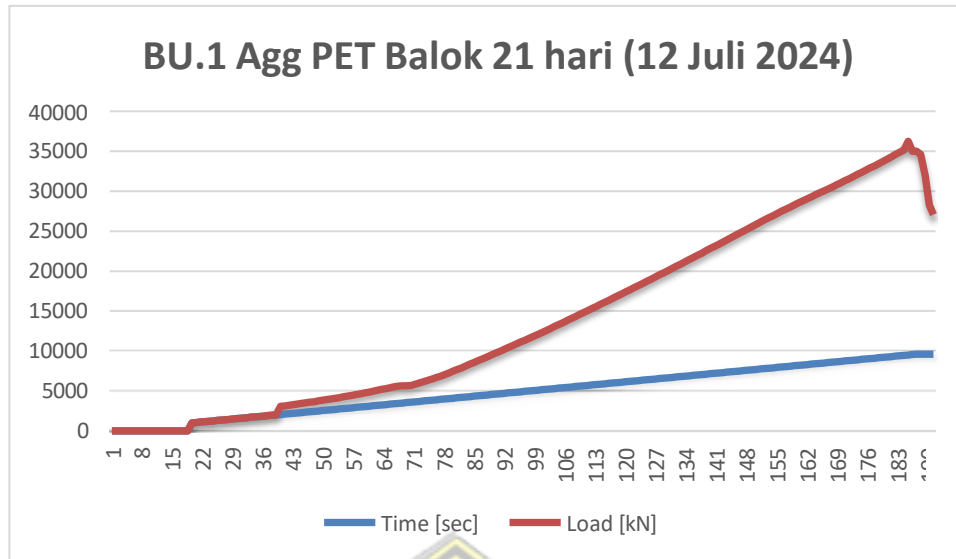
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 25,97 MPa setara dengan 458,922 kN.

Tabel 4. 50. Tabel Hasil Pengujian Balok Beton Substitusi Agg. PET

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21	32,05	26,744	3,566
2	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21	32,17	30,703	4,094
Rata - rata					32,11	28,72	3,83

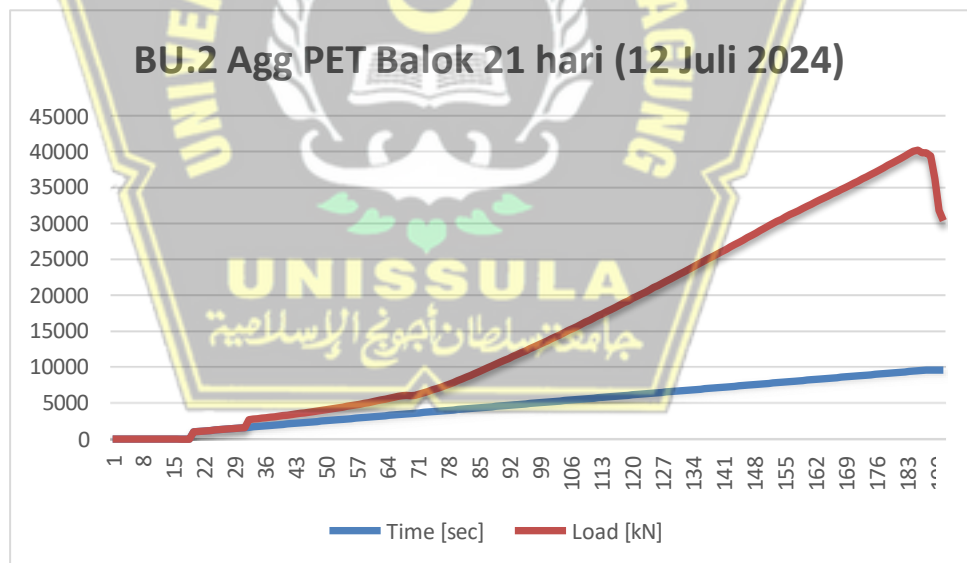
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,83 Mpa (28,2 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi agregat PET pada umur 21 hari nilai kuat lenturnya bernilai BPET₁ 3,566 MPa (26,744 kN) sedangkan beton *fast track* balok BPET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,094 MPa (30,703) di umur beton 21 hari.



Gambar 4. 78. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 3,566 MPa setara dengan 26,744 kN,



Gambar 4. 79. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 4,094 MPa setara dengan 30,703 kN.

4.7.5 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 28 Hari

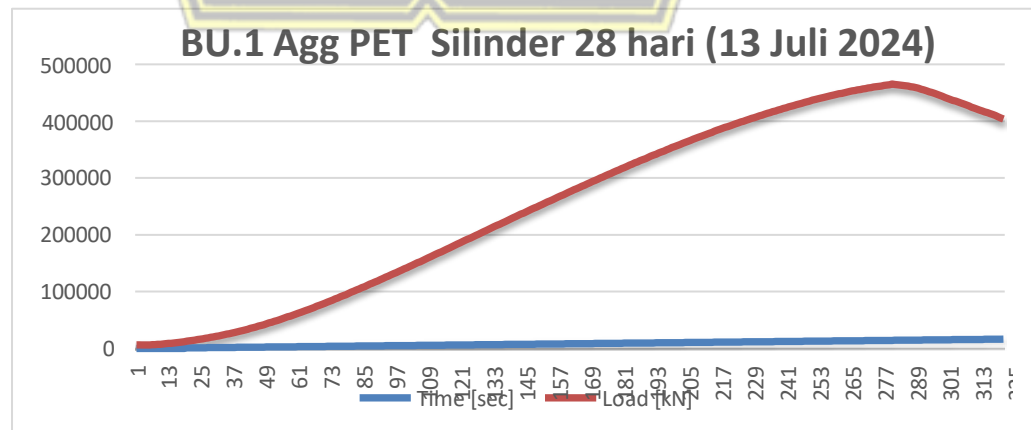
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi agregat PET umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 51. Tabel Hasil Pengujian Silinder Beton Substitusi Agg. PET

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				
1	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28	12,79	451,114	25,528
2	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28	12,8	443,434	25,173
3	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28	12,67	469,524	25.970
Rata - rata					12,75	454,69	25,557

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 28 hari adalah 25,557 MPa setara dengan 454,69 kN.

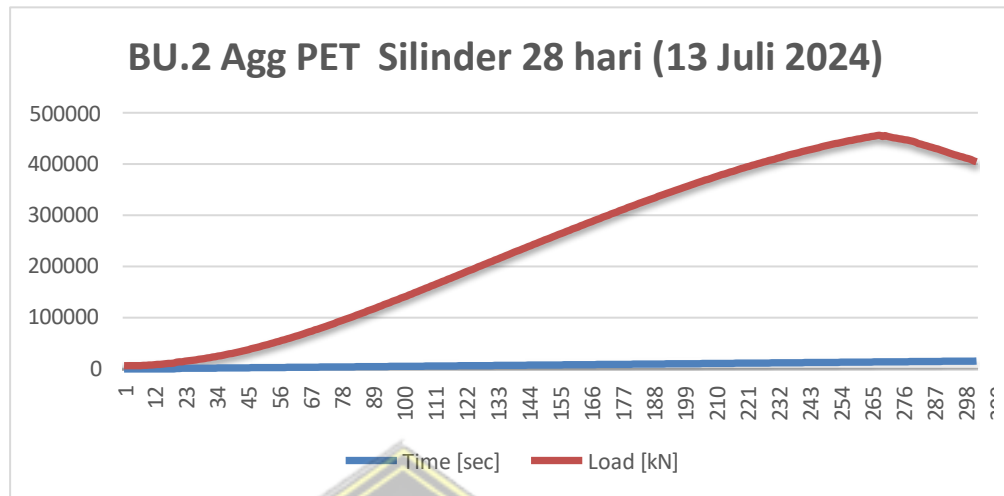
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 28 hari, pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Dilihat dari Tabel 4.49 maka nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi agregat PET pada umur 28 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BPET₁ 25,528 MPa (451,114 kN) sedangkan BPET₂ memiliki nilai kuat tekan 25,173 Mpa (443,434 kN) dan BPET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,970 Mpa (469,524 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk capuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 28 hari tidak terpenuhi.



Gambar 4. 80. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 1

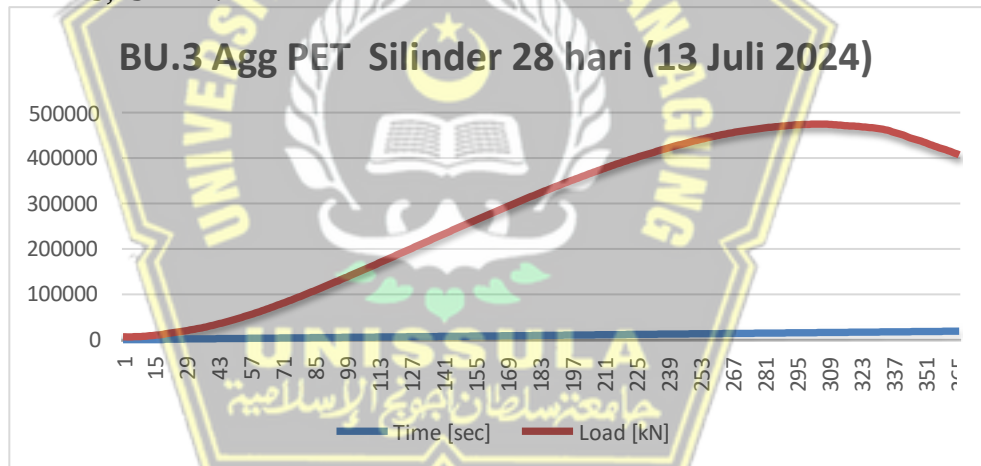
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast*

track 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 25,528 MPa setara dengan 451,114 kN.



Gambar 4. 81. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 28 hari adalah 25,173 MPa setara dengan 443,434 kN.



Gambar 4. 82. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 Benda Uji 3

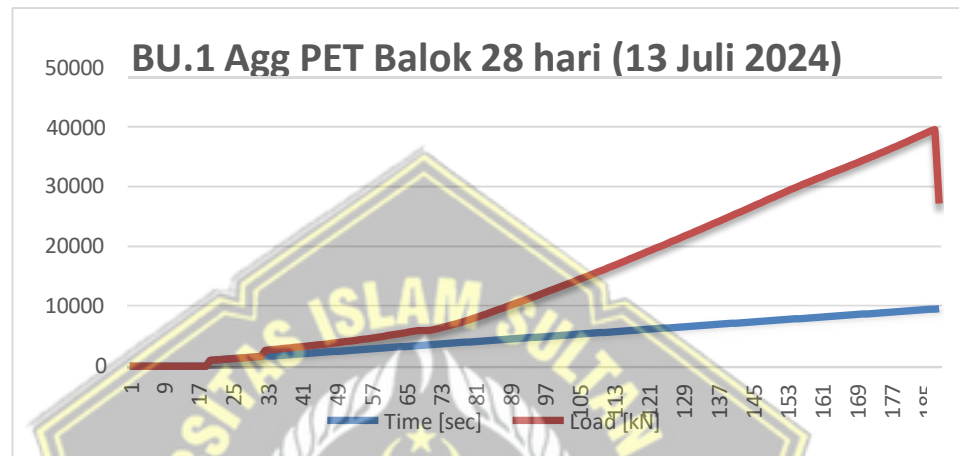
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 28 hari adalah 25,970 MPa setara dengan 469,524 kN.

Tabel 4. 52. Tabel Hasil Pengujian Beton Agg. PET Balok

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28	31,89	29,956	3,994
2	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28	31,95	31,835	4,25
Rata - rata					31,92	30,90	4,12

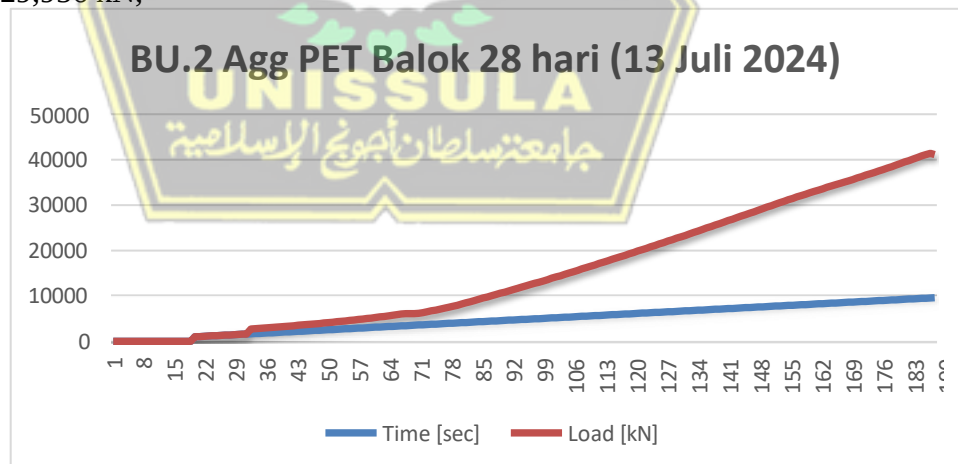
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 4,12 Mpa (30,90 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok normal pada umur 28 hari nilai kuat lenturnya bernilai BPET₁ 3,994 MPa (29,956 kN) sedangkan beton *fast track* balok BPET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 4,25 MPa (31,835) di umur beton 28 hari.



Gambar 4. 83. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 3,944 MPa setara dengan 29,956 kN,



Gambar 4. 84. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 4,25 MPa setara dengan 31,835 kN

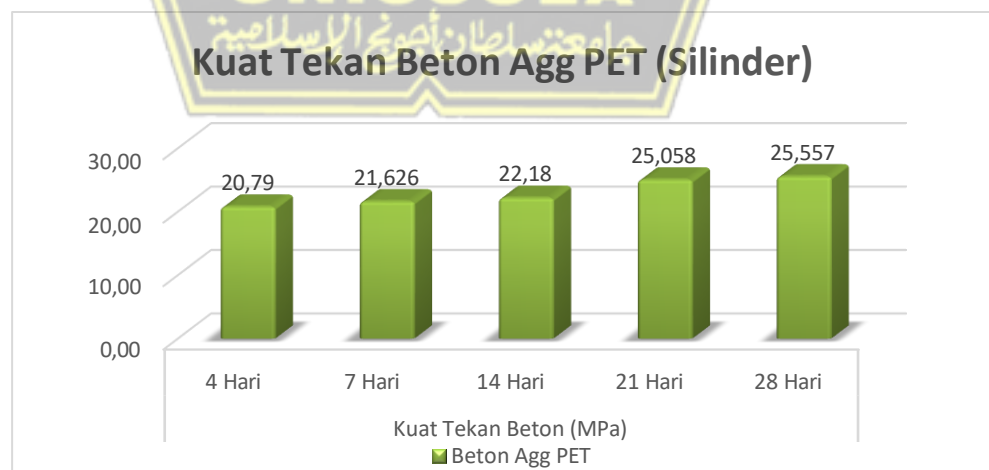
4.7.6 Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan Fast track 21 Beton substitusi Agregat PET

Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi substitusi agregat PET umur 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 53. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Beton Agg. PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/08/2024	16/08/2024	4 Hari	12,58	367,30	20,785
2	BPET	11/07/2024	19/07/2024	7 Hari	12,82	382,17	21,626
3	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14 Hari	13,07	391,96	22,180
4	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21 Hari	12,77	442,80	25,058
5	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28 Hari	12,75	454,69	25,557

Berdasarkan Tabel 4.51 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki kuat tekan 20,785 Mpa (367,30 kN), umur 7 hari memiliki kuat tekan 21,626 Mpa (382,17 kN), umur 14 hari memiliki kuat tekan 22,180 Mpa (391,96 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 25,058 Mpa (442,80 kN), dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 25,557 Mpa (454,69 kN)



Gambar 4. 85. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan

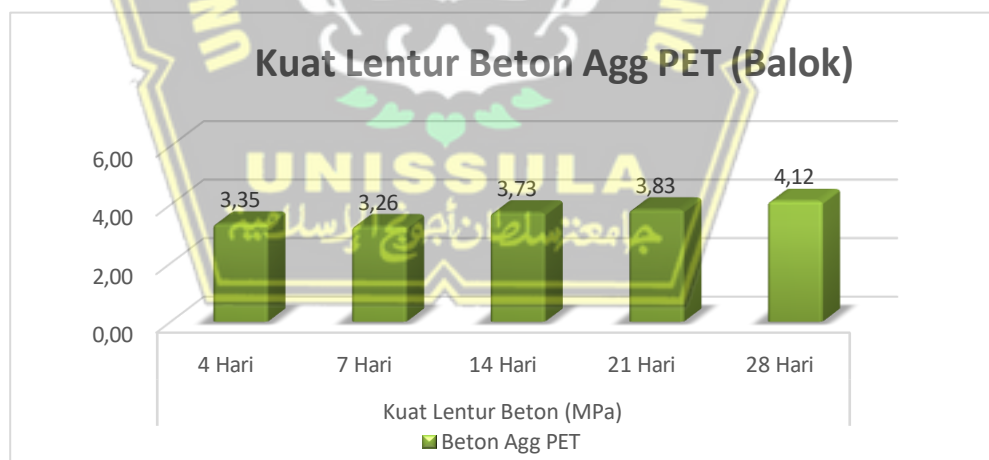
Berdasarkan gambar 4.85 perendaman umur beton memengaruhi nilai

kuat tekan pada beton semakin lama perendaman maka nilai tekan beton akan semakin tinggi nilai kuat tekannya.

Tabel 4. 54. Tabel Hasil Rata-rata Pengujian Balok Beton substitusi Agg. PET

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BPET	11/07/2024	16/07/2024	4 Hari	31,675	25,13	3,35
2	BPET	11/07/2024	16/07/2024	7 Hari	32,05	24,45	3,26
3	BPET	12/07/2024	27/07/2024	14 Hari	31,65	27,99	3,73
4	BPET	12/07/2024	02/08/2024	21 Hari	32,11	28,72	3,83
5	BPET	13/07/2024	10/08/2024	28 Hari	31,92	30,90	4,12

Berdasarkan Tabel 4.52 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton substitusi agregat PET mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki lentur 3,35 Mpa (25,13 kN), umur 7 hari memiliki lentur 3,26 Mpa (24,45 kN), umur 14 hari memiliki kuat lentur 3,73 Mpa (27,99 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 3,83 Mpa (28,72 kN), dan umur 28 hari memiliki lentur 4,12 Mpa (30,90 kN)



Gambar 4. 86. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Lentur

Berdasarkan Gambar 4.86 perendaman umur beton memengaruhi nilai kuat lentur pada beton semakin lama perendaman maka nilai lentur beton akan semakin tinggi nilai kuat lenturnya.

4.8 Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Substitusi Dramix + Agg. PET

4.8.1 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 4 Hari

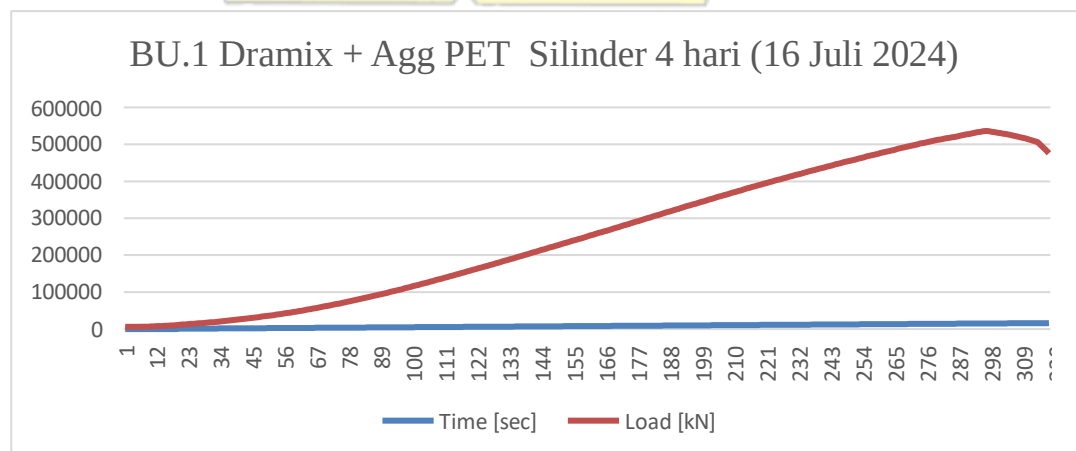
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Beton substitusi Dramix + Agregat PET umur 4 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 55. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4	12,64	398,298	22,539
2	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4	12,67	375,665	21,258
3	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4	12,94	355,929	20,141
Rata - rata					12,75	376,63	21,31

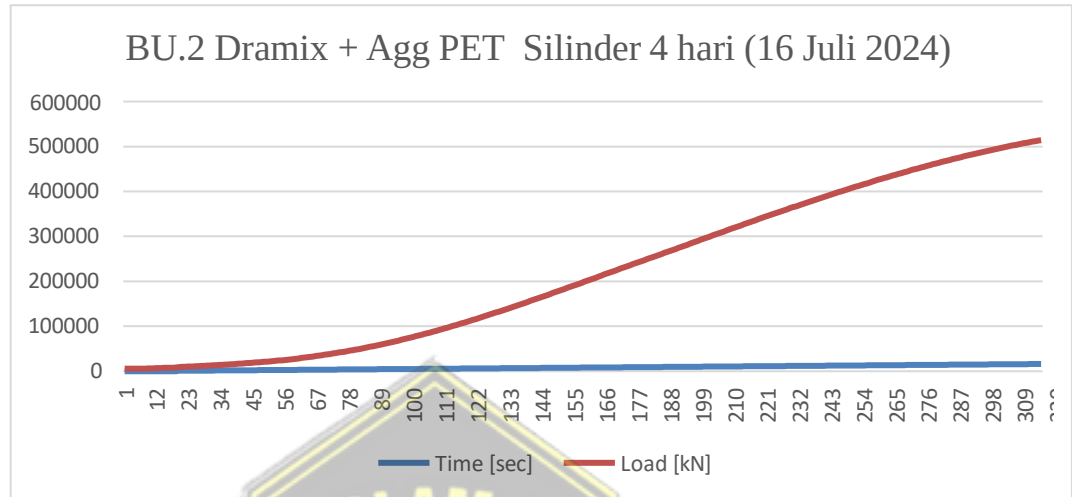
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 4 hari adalah 21,31 MPa setara dengan 376,63 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 4 hari. Dilihat dari Tabel 4.53 maka nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 4 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD+PET₁ 22,539 MPa (398,298 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BD+PET₂) memiliki nilai kuat tekan 21,258 Mpa (375,665 kN) dan Benda Uji 3 (BD+PET₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 20,141 Mpa (355,929 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk campuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 4 hari tidak terpenuhi.



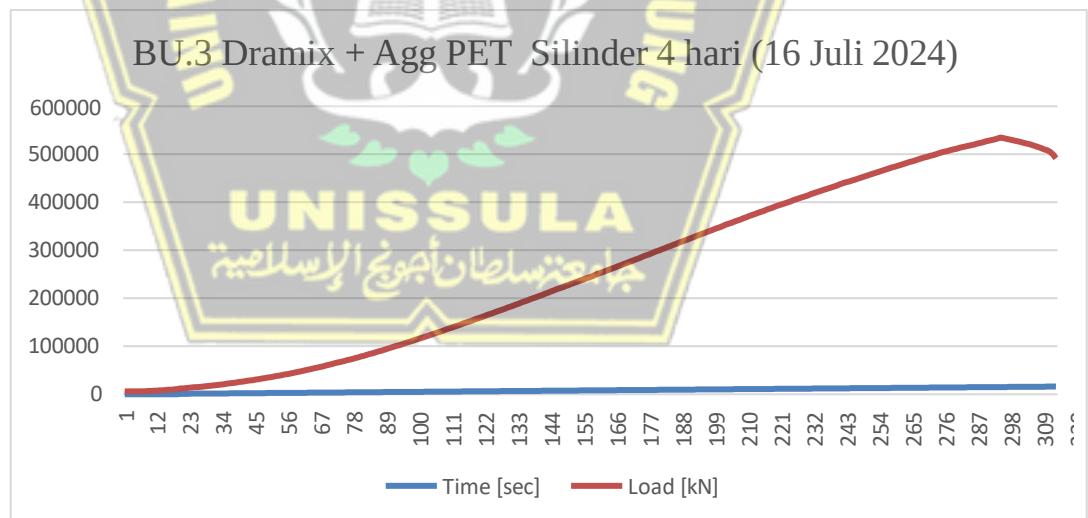
Gambar 4. 87. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 4 hari adalah 22,539 MPa setara dengan 398,298 kN,



Gambar 4. 88. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* pada umur beton 4 hari adalah 21,258 MPa setara dengan 375,665 kN,



Gambar 4. 89. Grafik Silinder Umur 4 Hari Benda Uji 3

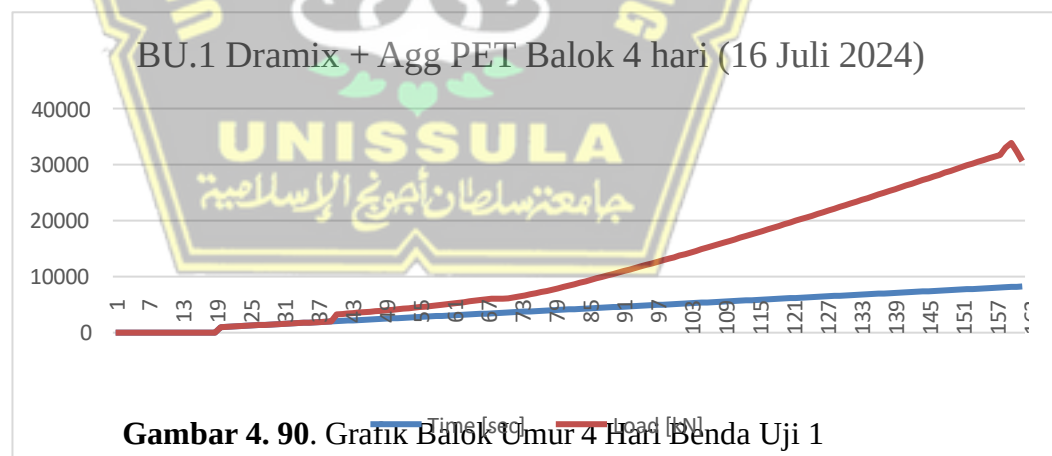
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 4 hari adalah 20,141 MPa setara dengan 355,929 kN,

Tabel 4. 56. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

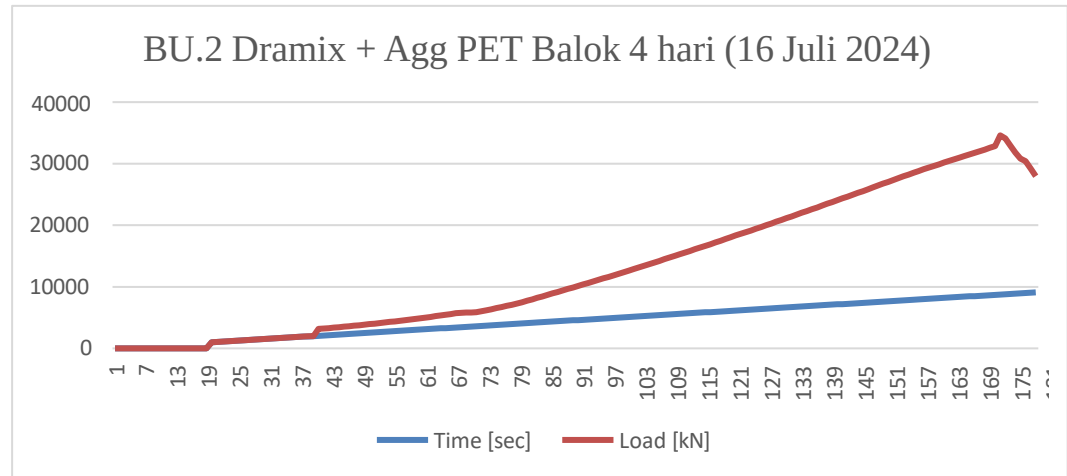
No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4	32,17	25,714	3,412
2	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4	32,4	25,853	3,416
Rata - rata					32,285	25,78	3,41

Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,41 Mpa (25,78 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 4 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD+PET₁ 3,412 MPa (25,714 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD+PET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,416 MPa (25,853) di umur beton 4 hari.



Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,412 MPa setara dengan 25,714 kN.



Gambar 4. 91. Grafik Balok Umur 4 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 4 hari adalah 3,416 MPa setara dengan 25,853 kN.

4.8.2 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Dramix dengan agregat PET umur 7 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

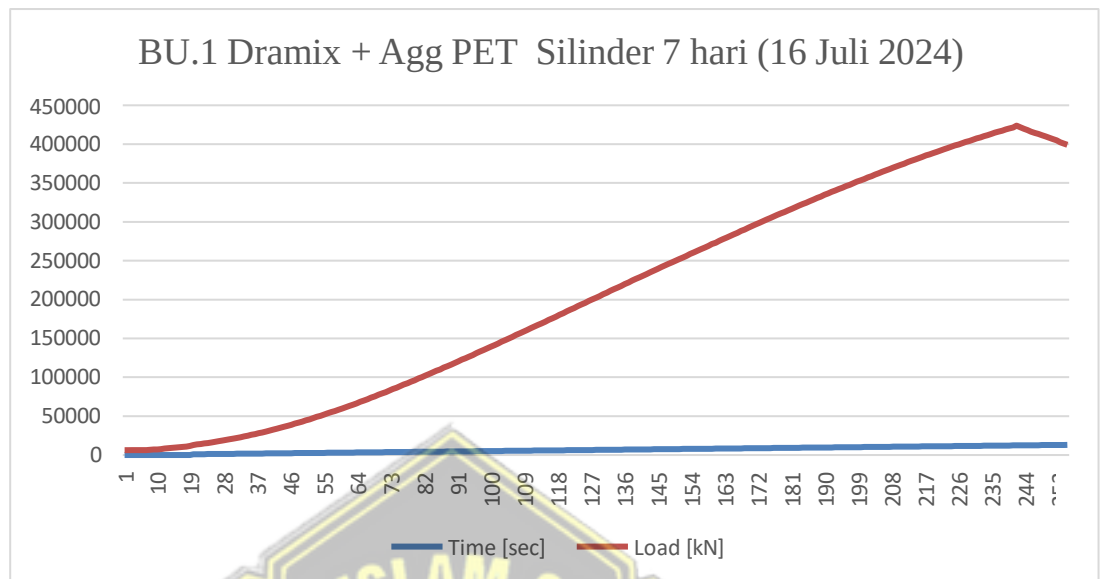
Tabel 4. 57. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7	12,51	411,454	23,284
2	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7	12,57	431,142	24,398
3	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7	12,14	439,74	24,866
Rata - rata					12,41	427,45	24,18

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 7 hari adalah 24,18 MPa setara dengan 427,45 kN.

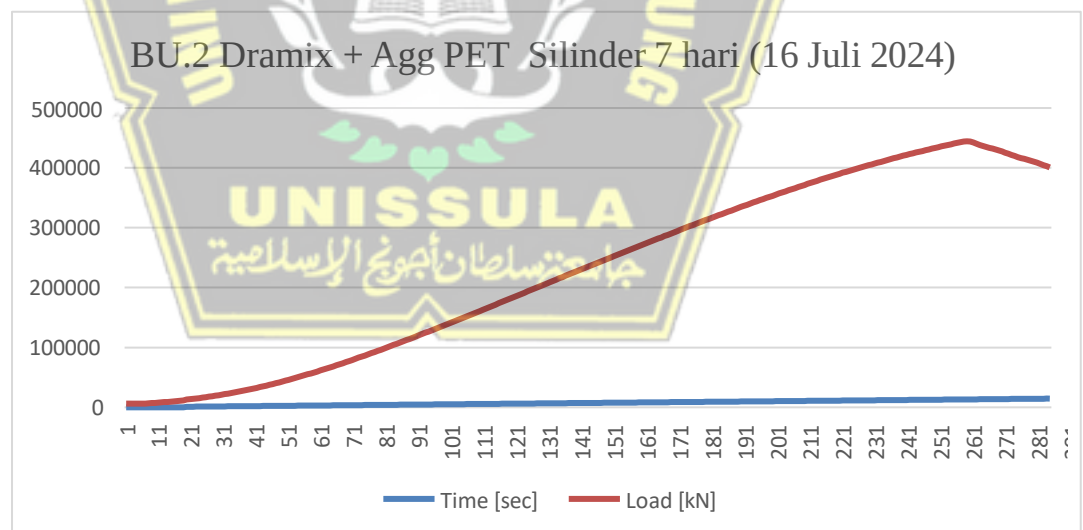
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 7 hari. Dilihat dari Tabel 4.55 maka nilai kuat tekan beton Dramix dengan agregat PET, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 7 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD+PET₁ 23,284 MPa (411,454 kN) sedangkan BD+PET₂ memiliki nilai kuat tekan 24,398 Mpa (431,142 kN) dan BD+PET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 24,866 Mpa (439,74 kN). Berdasarkan data hasil kuat

tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk campuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 7 hari tidak terpenuhi.



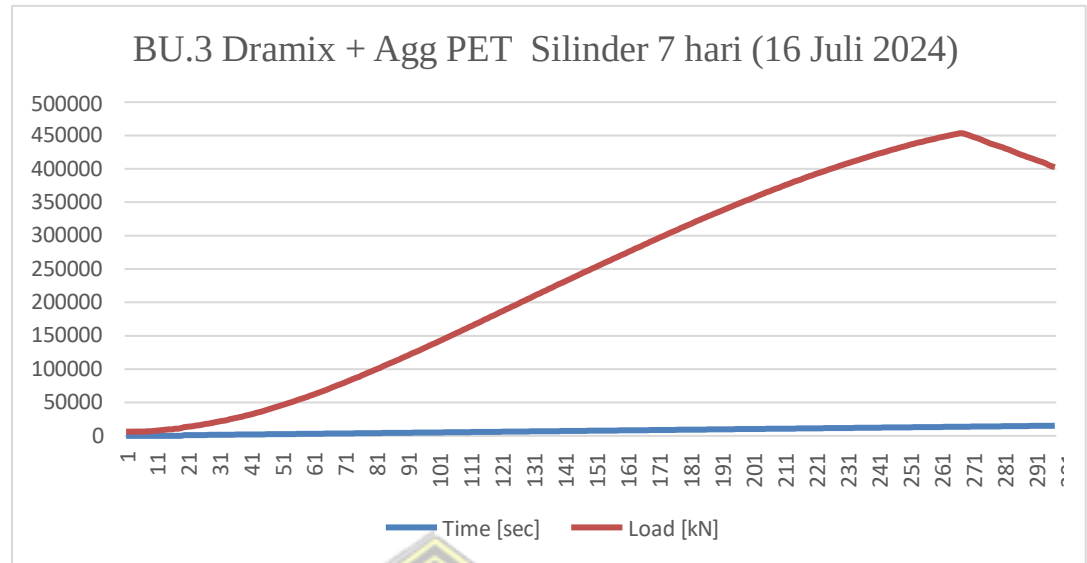
Gambar 4. 92. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 23,284 MPa setara dengan 411,454 kN.



Gambar 4. 93. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 24,398 MPa setara dengan 431,142 kN.



Gambar 4. 94. Grafik Silinder Umur 7 Hari Benda Uji 3

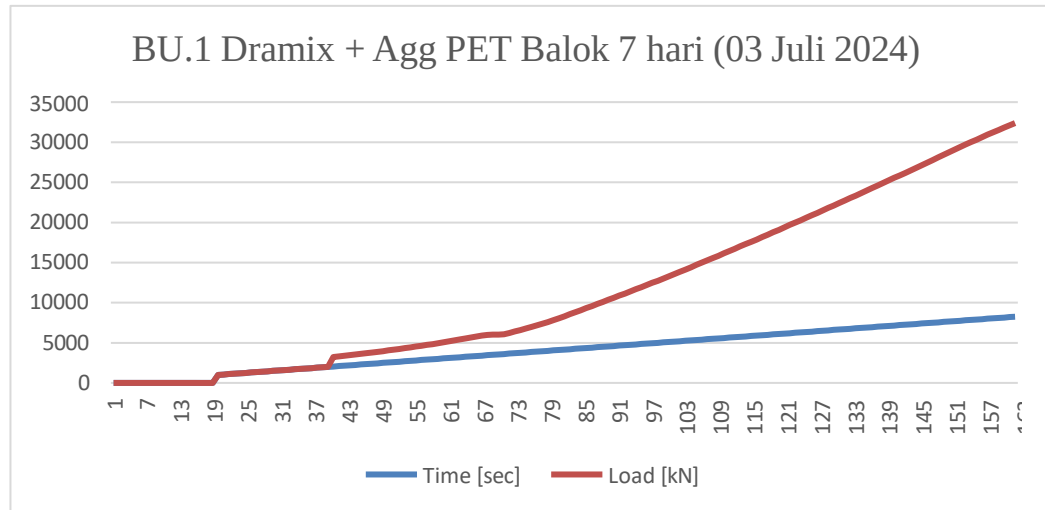
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 24,866 MPa setara dengan 439,74 kN.

Tabel 4. 58. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7	32,01	27,511	3,619
2	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7	2,14	27,981	3,792
Rata - rata					17,075	27,75	3,71

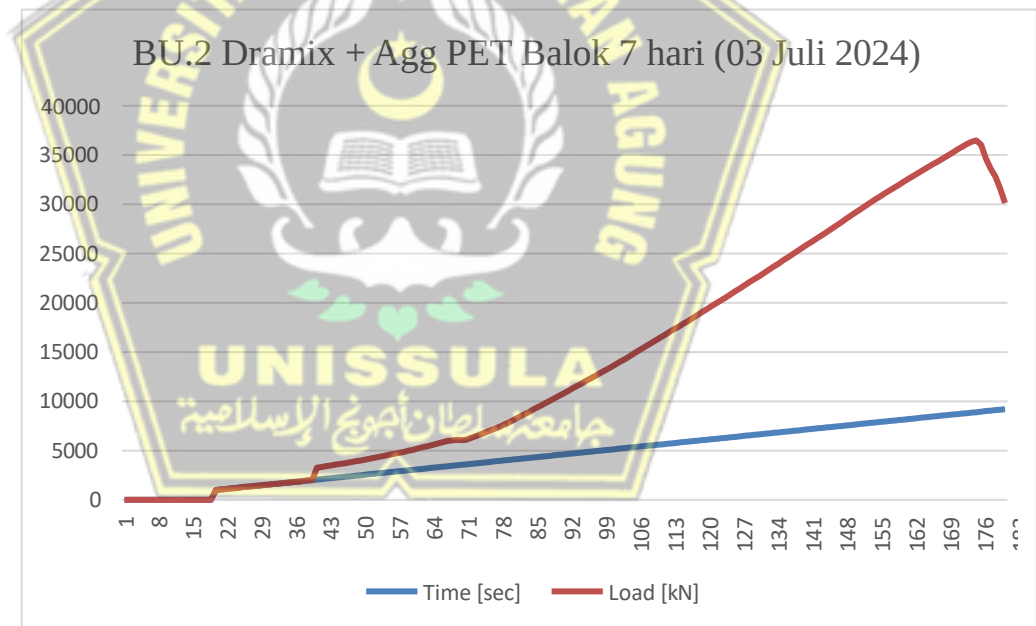
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,71 Mpa (27,75 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 7 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD+PET₁ 3,619 MPa (27,511 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD+PET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,792 MPa (27,981) di umur beton 7 hari.



Gambar 4.95 Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,619 MPa setara dengan 27,511 kN,



Gambar 4. 61. Grafik Balok Umur 7 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 7 hari adalah 3,792 MPa setara dengan 27,981 kN.

4.8.3 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 14 Hari

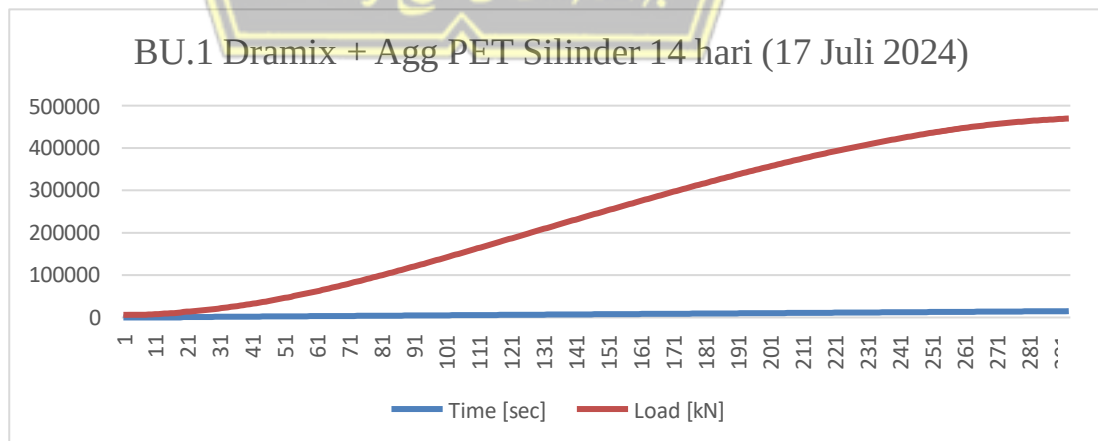
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi substitusi Dramix dengan agregat PET umur 14 haridapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 59. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14	13,07	458,921	25,971
2	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14	12,56	456,177	25,814
3	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14	12,97	460,295	26,047
Rata - rata					12,87	458,46	25,94

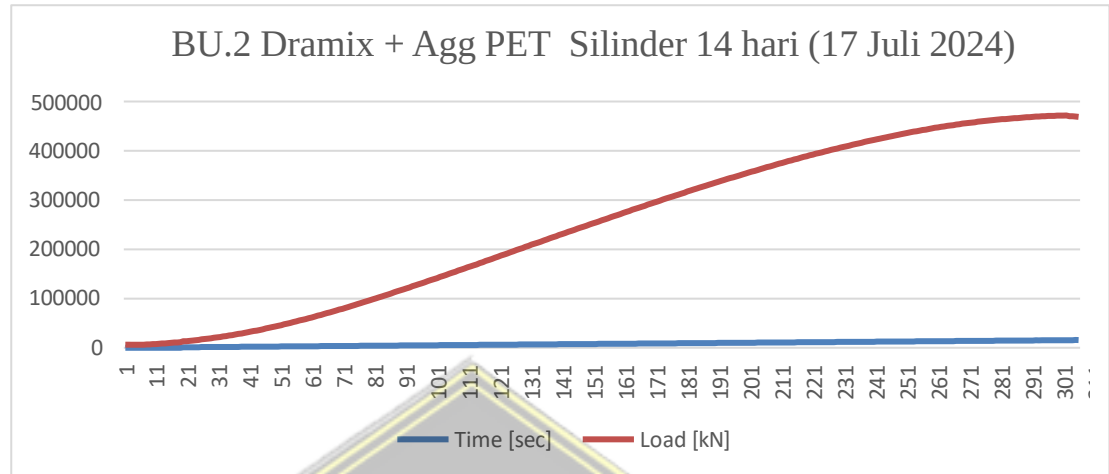
Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 14 hari adalah 25,94 MPa setara dengan 458,46 kN.

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 14 hari.Dilihat dari Tabel 4.57 maka nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET, Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 14 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD+PET₁ 25,971 MPa (458,921 kN) sedangkan Benda Uji 2 (BD+PET₂) memiliki niai kuat tekan 25,814 Mpa (456,177 kN) dan Benda Uji 3 (BD+PET₃) memiliki nilai kuat tekan sebesar 26,047 Mpa (460,295 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan terebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk capuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 14 hari tidak terpenuhi.



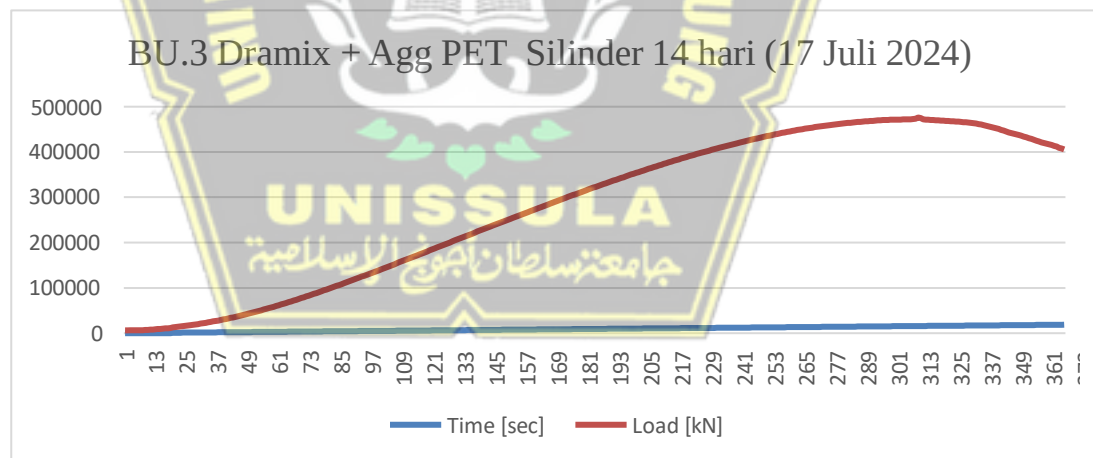
Gambar 4. 97. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 14 hari adalah 25,971 MPa setara dengan 458,921 kN,



Gambar 4. 98. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* pada umur beton 4 hari adalah 25,814 MPa setara dengan 456,177 kN,



Gambar 4. 99. Grafik Silinder Umur 14 Hari Benda Uji 3

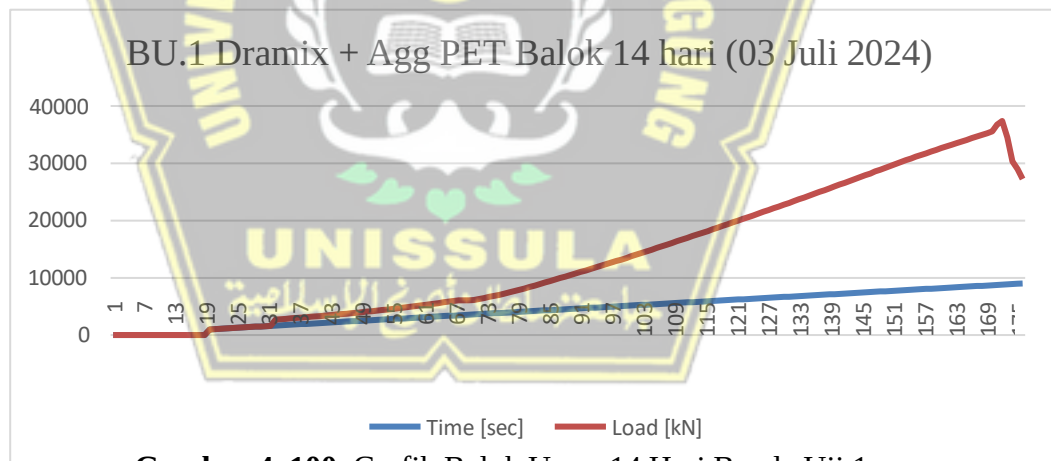
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track 21* Mpa pada umur beton 14 hari adalah 26,047 MPa setara dengan 460,295 kN,

Tabel 4. 60. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14	32,62	28,581	3,811
2	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14	32,17	28,439	3,784
Rata - rata					32,395	28,51	3,80

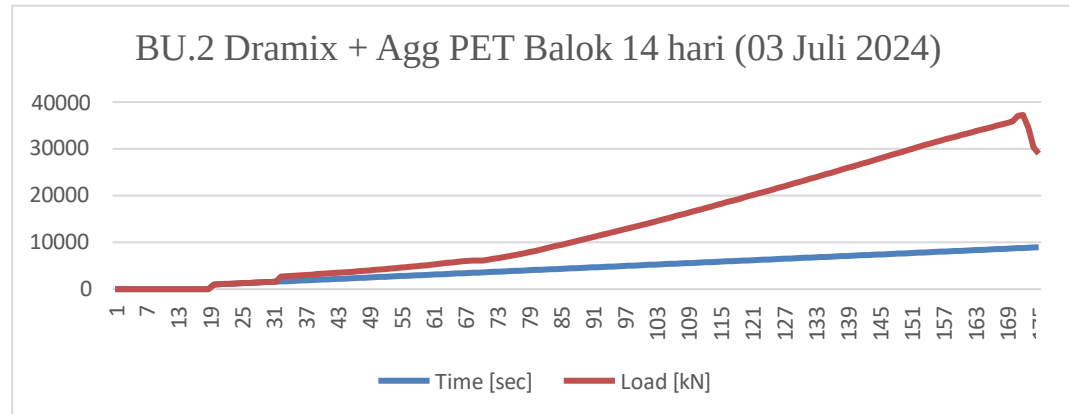
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,80 Mpa (28,51 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 14 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD+PET₁ 3,811 MPa (28,581 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD+PET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,784 MPa (38,439) di umur beton 14 hari.



Gambar 4. 100. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 3,811 MPa setara dengan 28,581 kN.



Gambar 4. 101. Grafik Balok Umur 14 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 14 hari adalah 3,784 MPa setara dengan 28,439 kN.

4.8.4 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 21 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Dramix dengan agregat PET umur 21 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

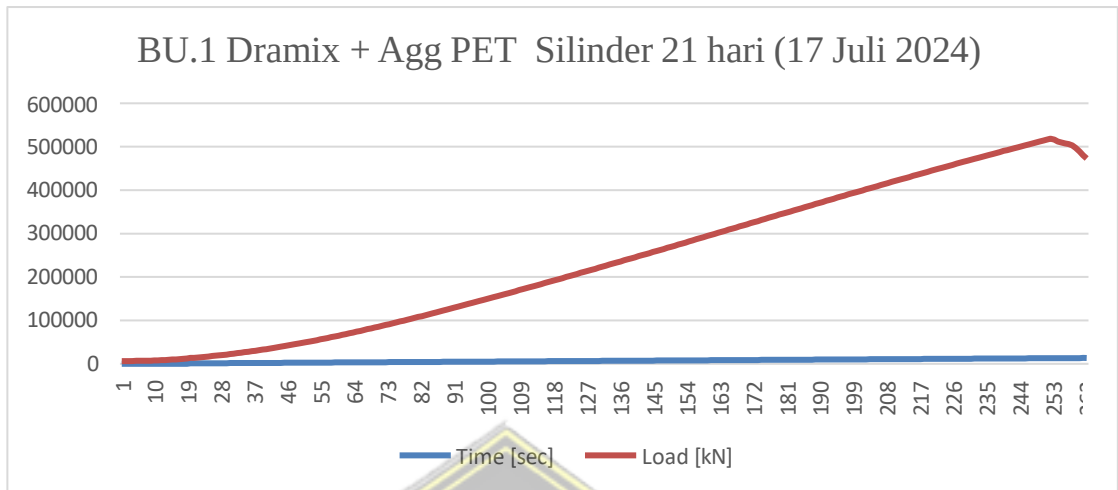
Tabel 4. 61. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat (Kg)	Gaya kN	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji				MPa
1	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21	12,1	505,586	28,610
2	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21	12,73	504,166	28,53
3	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21	12,71	500,191	28,305
Rata - rata					12,51	503,31	28,48

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 21 hari adalah 28,48 MPa setara dengan 503,31 kN.

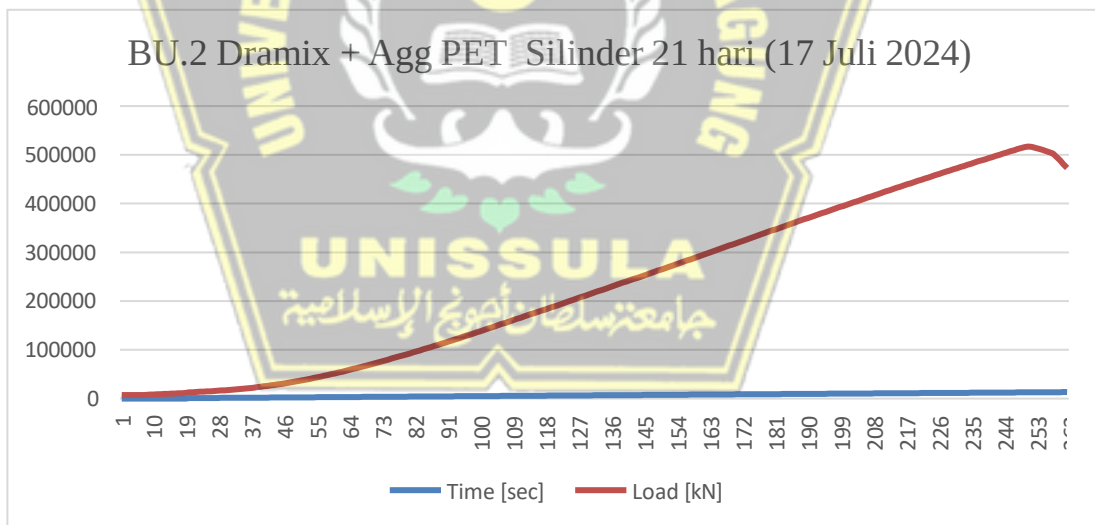
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 21 hari. Dilihat dari Tabel 4.59 maka nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 21 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD+PET₁ 28,610 MPa (505,586 kN) sedangkan BD+PET₂ memiliki nilai kuat tekan 28,53 Mpa (504,166 kN) dan BD+PET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,305 Mpa (500,191 kN). Berdasarkan data hasil

kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk campuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 21 hari tidak terpenuhi.



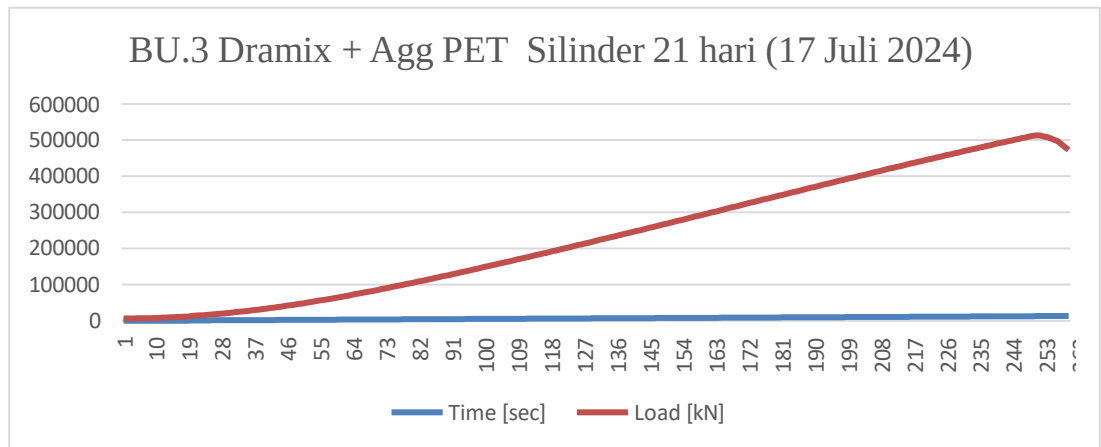
Gambar 4. 102. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 28,610 MPa setara dengan 505,586 kN.



Gambar 4. 98. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 28,53 MPa setara dengan 504,166 kN.



Gambar 4. 103. Grafik Silinder Umur 21 Hari Benda Uji 3

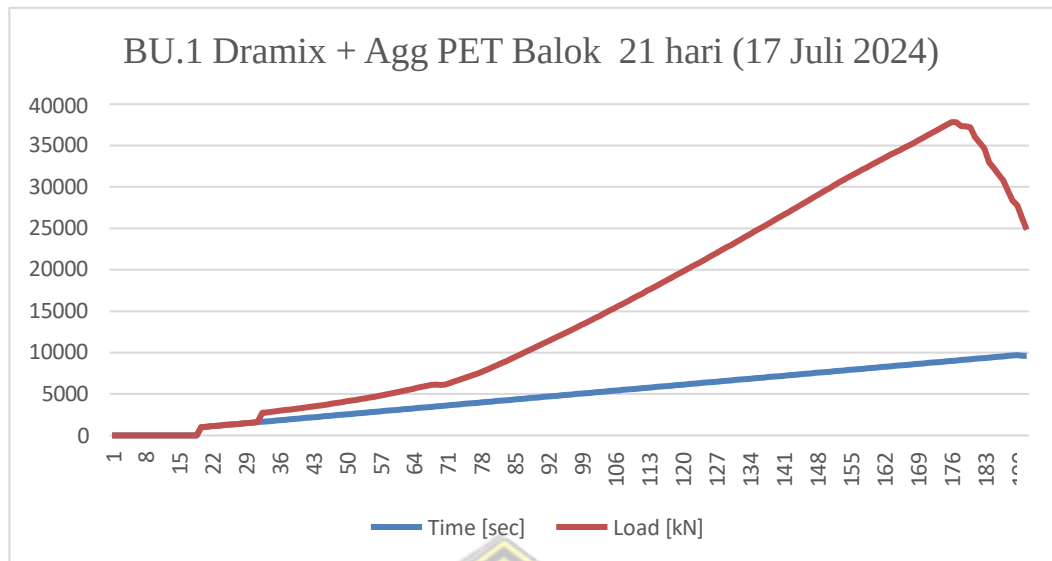
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 28,305 MPa setara dengan 500,191 kN.

Tabel 4. 62. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

No	Kode	Tanggal Pembuatan	Tanggal Uji	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
					(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21	32,96	28,762	3,893
2	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21	32,84	29,105	3,921
Rata - rata					32,9	28,93	3,91

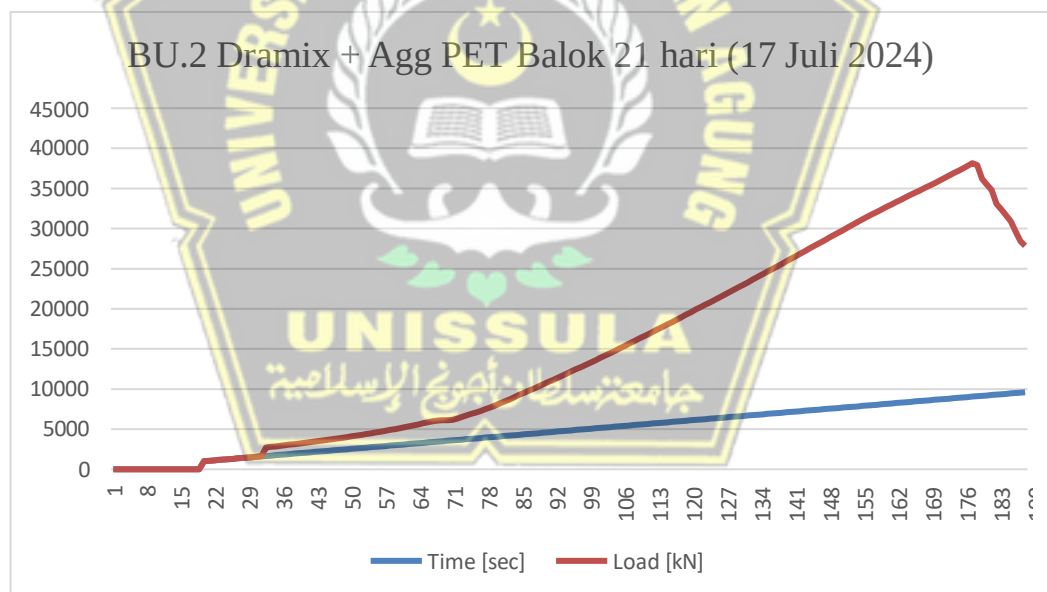
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,31 Mpa (28,93 kN)

Nlai kuat lentur balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uj 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk balok beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 21 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD+PET₁ 3,893 MPa (28,762 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD+PET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,921 MPa (28,93) di umur beton 21 hari.



Gambar 4. 104. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 3,893 MPa setara dengan 28,762 kN,



Gambar 4. 105. Grafik Balok Umur 21 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 21 hari adalah 3,921 MPa setara dengan 29,105 kN.

4.8.5 Kuat Tekan Beton Fast track 21 Umur 28 Hari

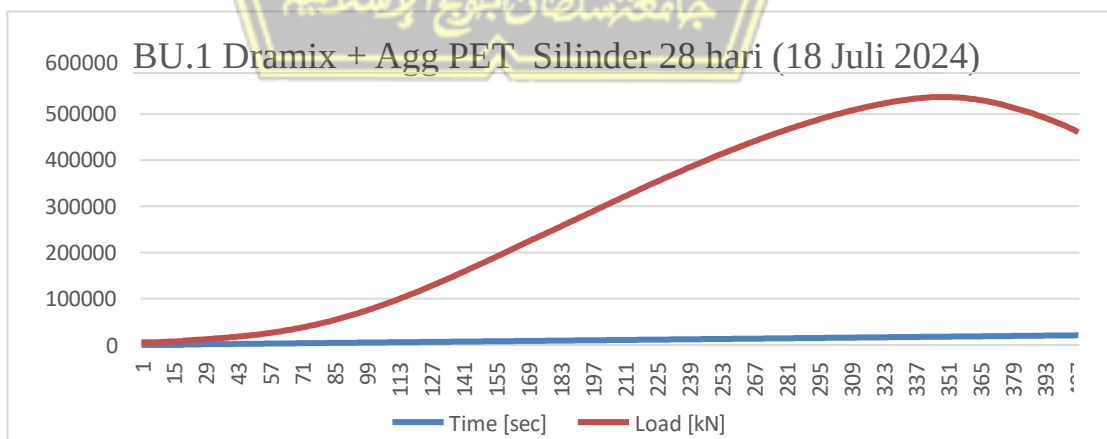
Data hasil pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi agregat PET umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 63. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28	12,34	518,885	29,363
2	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28	12,01	520,635	29,462
3	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28	12,95	543,672	30,761
Rata - rata					12,43	527,73	29,86

Dilihat dari tabel diatas diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton silinder pada umur beton 28 hari adalah 29,86 MPa setara dengan 527,73 kN.

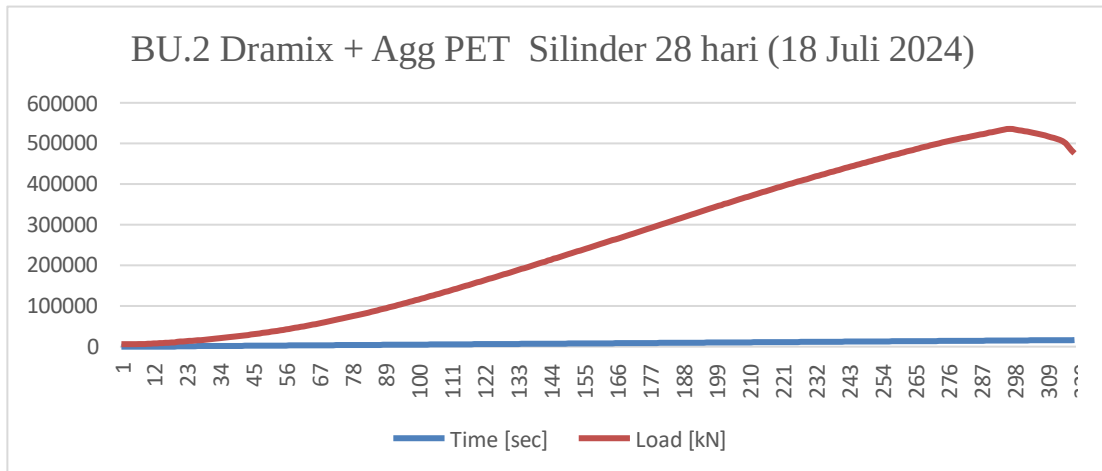
Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian beton *fast track* dengan umur 28 hari, pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Dilihat dari Tabel 4.61 maka nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET Benda Uji 1 terdapat selisih nilai kuat tekan untuk beton substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 28 hari nilai kuat tekanya hanya bernilai BD+PET₁ 29,363 MPa (518,885 kN) sedangkan BD+PET₂ memiliki nilai kuat tekan 29,462 Mpa (520,635 kN) dan BD+PET₃ memiliki nilai kuat tekan sebesar 30,761 Mpa (543,672 kN). Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut bahwanya untuk beton fast track 21 Mpa untuk capuran beton substitusi agregat PET dalam waktu umur 28 hari terpenuhi.



Gambar 4. 106. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 1

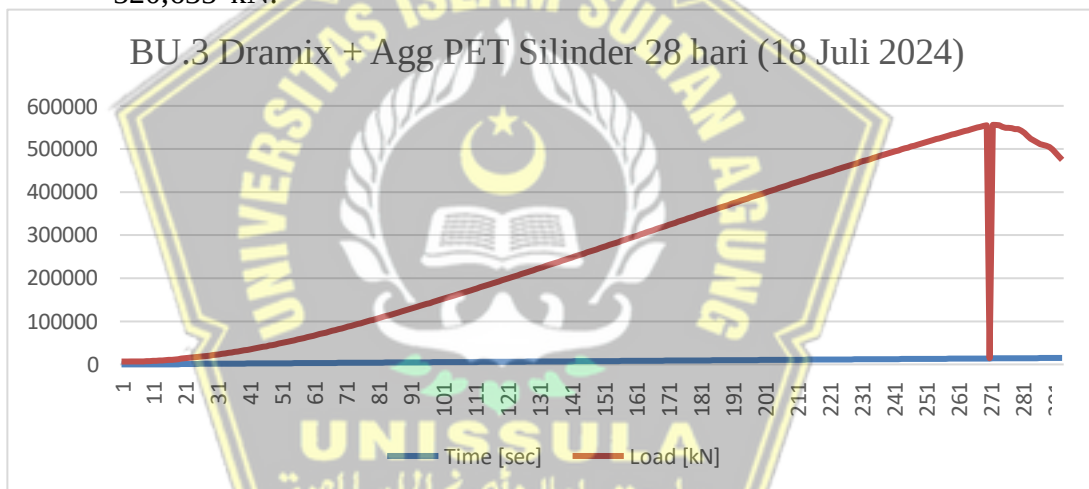
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 29,363 MPa setara dengan

518,885 kN.



Gambar 4. 107. Grafik Silinder Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 29,462 MPa setara dengan 520,635 kN.



Gambar 4. 108. Grafik Silinder Umur 28 Hari Variasi 1 Benda Uji 3

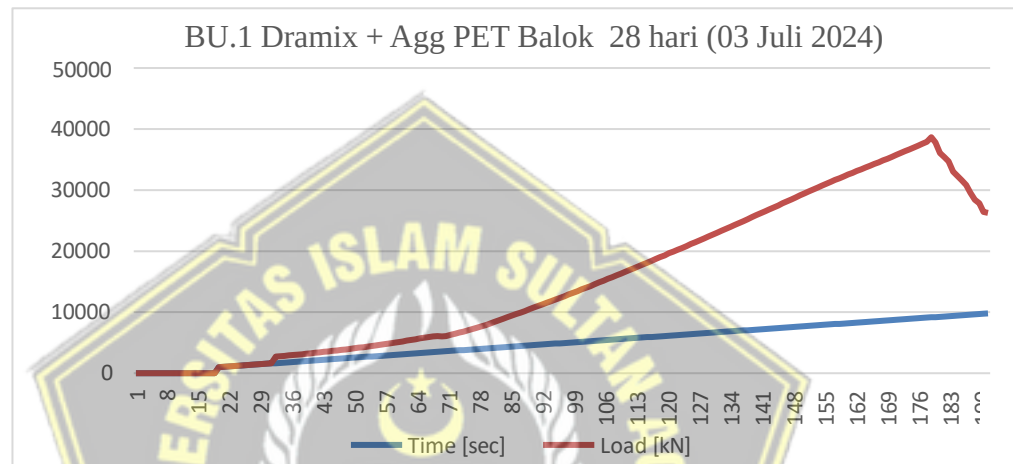
Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 30,761 MPa setara dengan 543,672 kN.

Tabel 4. 64. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28	32,75	29,514	3,936
2	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28	32,61	29,667	3,951
Rata - rata					32,68	29,59	3,94

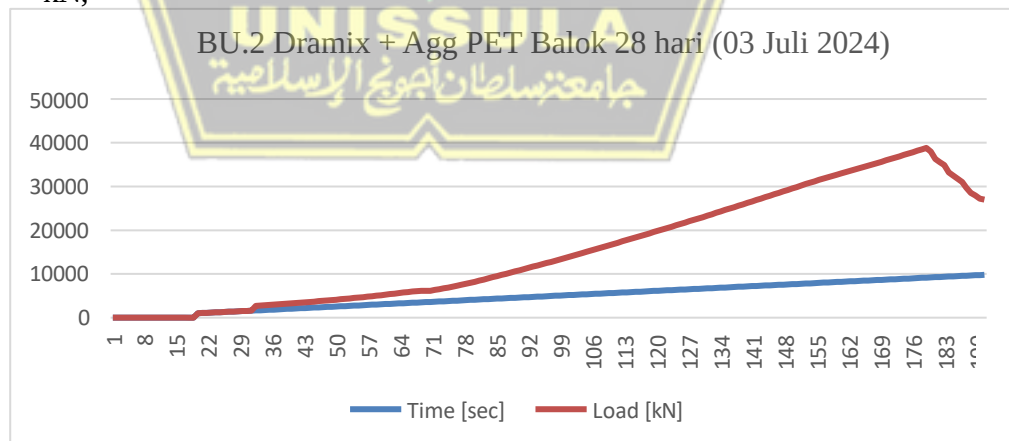
Dilihat dari tabel diatas diperoleh perolehan nilai kuat lentur rata-rata dari kedua benda uji tersebut sebesar 3,94 Mpa (29,59 kN)

Nlai kuat lentur beton balok normal dengan beton *fast track* balok Benda Uji 1 dan Benda Uji 2 terdapat selisih nilai kuat lentur untuk beton balok substitusi Dramix dengan agregat PET pada umur 28 hari nilai kuat lenturnya bernilai BD+PET₁ 3,936 MPa (29,514 kN) sedangkan beton *fast track* balok BD+PET₂ nilai kuat lentur maksimumnya mencapai 3,951 MPa (29,667) di umur beton 28 hari.



Gambar 4. 109. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 1

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 3,936 MPa setara dengan 29,514 kN,



Gambar 4. 110. Grafik Balok Umur 28 Hari Benda Uji 2

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai lentur beton *fast track* 21 Mpa pada umur beton 28 hari adalah 3,951 MPa setara dengan 29,667 kN

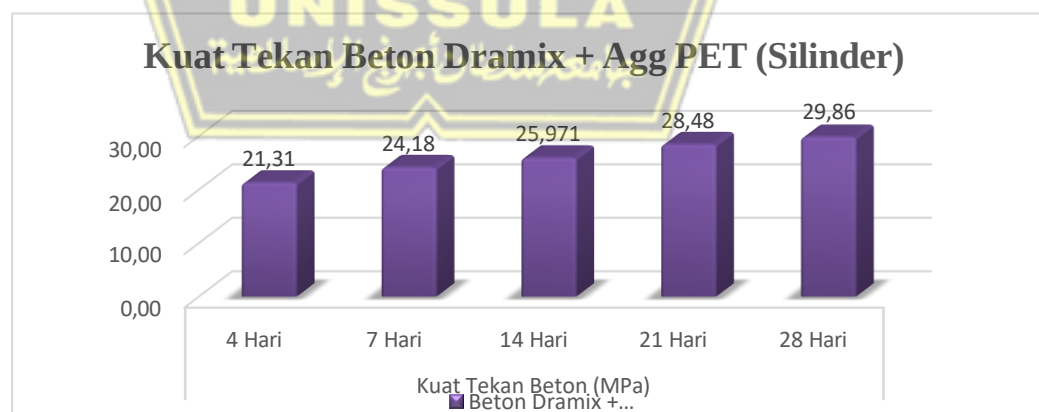
4.8.6 Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan Fast track 21 Beton substitusi Agregat PET

Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi substitusi agregat PET umur 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 65. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Silinder

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4 Hari	12,75	376,63	21,31
2	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7 Hari	12,41	427,45	24,18
3	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14 Hari	12,87	458,46	25,971
4	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21 Hari	12,51	503,31	28,48
5	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28 Hari	12,43	527,73	29,86

Berdasarkan Tabel 4.65 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki kuat tekan 21,31 Mpa (376,63 kN), umur 7 hari memiliki kuat tekan 24,18 Mpa (427,45 kN), umur 14 hari memiliki kuat tekan 25,971 Mpa (458,46 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 28,48 Mpa (503,31 kN), dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 29,86 Mpa (527,73 kN)



Gambar 4. 111. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan

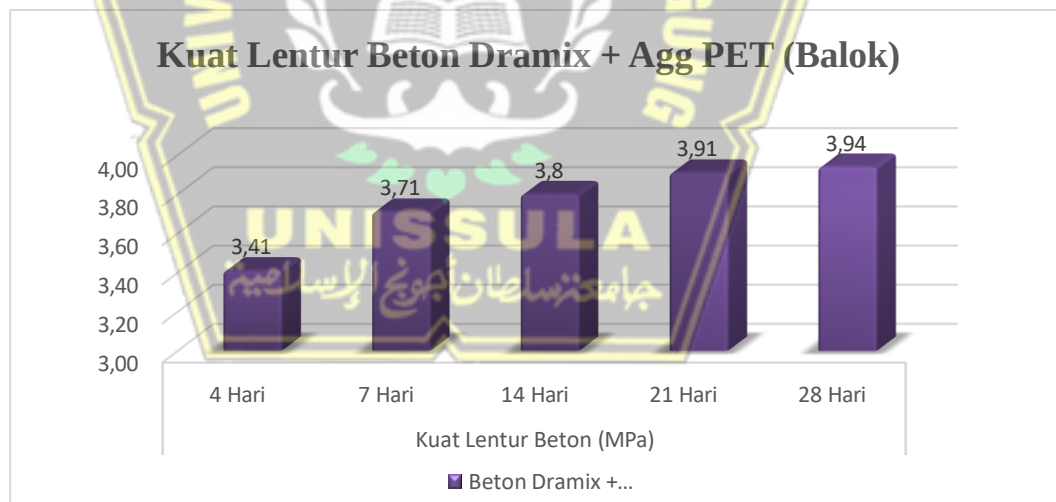
Berdasarkan Gambar 4.111 perendaman umur beton memengaruhi nilai kuat tekan pada beton semakin lama perendaman maka nilai tekan beton

akan semakin tinggi nilai kuat tekannya.

Tabel 4. 66. Tabel Hasil Pengujian Beton Substitusi Dramix + Agregat PET Balok

No	Kode	Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Gaya	Kuat Tekan
		Pembuatan	Uji		(Kg)	kN	MPa
1	BD+PET	16/07/2024	21/07/2024	4 Hari	32,285	25,78	3,41
2	BD+PET	16/07/2024	24/07/2024	7 Hari	17,08	27,75	3,71
3	BD+PET	17/07/2024	02/08/2024	14 Hari	32,395	28,51	3,80
4	BD+PET	17/07/2024	10/08/2024	21 Hari	32,90	28,93	3,91
5	BD+PET	18/07/2024	19/08/2024	28 Hari	32,68	29,59	3,94

Berdasarkan Tabel 4.66 maka dapat diketahui nilai kuat tekan beton substitusi Dramix dengan agregat PET mengalami peningkatan di tiap umur ujinya diperoleh rata-rata hasil di umur 4 hari memiliki lentur 3,41 (Mpa 25,78 kN), umur 7 hari memiliki lentur 3,71 Mpa (27,75 kN), umur 14 hari memiliki kuat lentur 3,80 Mpa (28,81 kN), umur 21 hari memiliki kuat tekan 3,91 Mpa (28,93 kN), dan umur 28 hari memiliki lentur 3,94 Mpa (29,59 kN)



Gambar 4. 112. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Lentur

Berdasarkan Gambar 4.112 perendaman umur beton memengaruhi nilai kuat lentur pada beton semakin lama perendaman maka nilai lentur beton akan semakin tinggi nilai kuat lenturnya.

4.9 Pembahasan Hasil Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

4.9.1 Job Mix Desain Beton Fast track 21 Mpa

A. Trial Komposisi Job Mix Desain Fs' 20 Mpa

Untuk mendapatkan hasil job mix desain beton fast track 21 Mpa dengan substitusi serat baja dramix dan agregat *Polyethylene Terephthalate* PET, pertama melakukan trial beton dengan beberapa sample komposisi beton trial yang berbeda-beda mulai dari

Beton Modifikasi dengan Kombinasi Serat Baja Dramix dengan persentase kadar yang berbeda-beda

- beton dengan substitusi dramix 5%
- beton dengan substitusi dramix 10%
- beton dengan substitusi dramix 15%

Beton Modifikasi dengan Kombinasi Agregat PET dengan persentase kadar yang berbeda-beda

- beton dengan substitusi agregat PET 5%
- beton dengan substitusi agregat PET 10%
- beton dengan substitusi agregat PET 15%

Beton Modifikasi dengan Kombinasi di mix atau di campur antara Serat Baja Dramix dengan agregat PET dengan persentase kadar yang berbeda-beda

- beton dengan substitusi dramix 5% dan agregat PET 5%
- beton dengan substitusi dramix 10% dan agregat PET 10%
- beton dengan substitusi dramix 15% dan agregat PET 15%

Jadi dilakukan percobaan komposisi tersebut dengan pembuatan masing-masing sample komposisi 9 silinder + 6 balok, untuk mengetahui job mix terbaik masing-masing yang akan dilakukan pengujian kuat tekan (silinder) dan kuat lentur (balok) dengan umur rendaman 4,7,14 hari. Dengan target rencana beton fast track umur 4 hari harus mencapai kuat tekan $f_c'20$ Mpa

Berdasarkan hasil kuat tekan dan kuat lentur trial tersebut dapat diketahui job mix desain beton fast track 21 Mpa adalah komposisi dengan kadar substitusi dramix dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebanyak 5%, yang

nantinya akan digunakan untuk pembuatan benda uji final (fix) sebanyak 3 silinder + 2 balok untuk umur 4,7,14,21, dan 28 hari. Mulai dari komposisi beton normal maupun beton modifikasi.

B. Job Mix Kuat Tekan Terbaik Beton Fast track 21 Mpa

Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat tekan beton fast track 21 komposisi Beton Normal, Beton dengan substitusi Dramix, Beton dengan substitusi agregat PET dan Beton substitusi Dramix + agregat PET. Untuk umur pengujian 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 67. Tabel Hasil Rekapitulasi Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Benda Uji	Kuat Tekan Beton (MPa)				
	4 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari
Beton Normal	29,42	32,22	31,53	32,76	39,68
Beton Dramix	29,92	32,11	34	34,36	40,6
Beton Agg. PET	20,785	21,626	22,18	25,058	25,557
Beton Dramix + Agg PET	21,31	24,18	25,971	28,48	29,86

Berdasarkan Tabel 4.67 dapat diketahui rata-rata rekapitulasi kuat tekan beton diperoleh sebagai berikut :

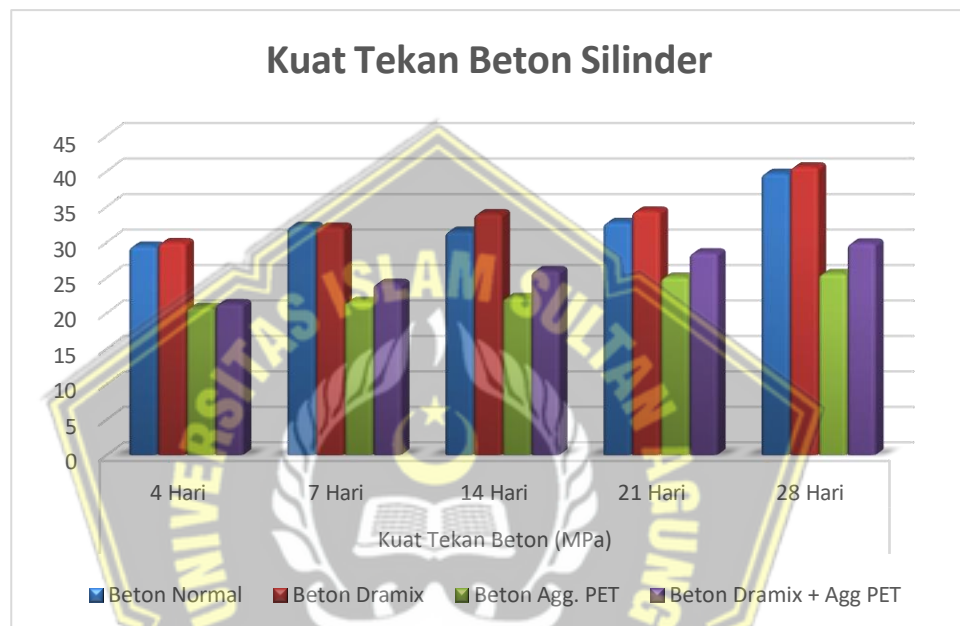
Beton Normal, di umur 4 hari memiliki kuat tekan 29,42 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat tekan 32,22 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat tekan 31,53 Mpa, umur 21 hari memiliki kuat tekan 32,76 Mpa dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 39,68 Mpa

Beton dengan substitusi dramix, di umur 4 hari memiliki kuat tekan 29,92 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat tekan 32,11 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat tekan 34,00 Mpa umur 21 hari memiliki kuat tekan 34,36 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 40,60 Mpa.

Beton dengan substitusi agregat PET, di umur 4 hari memiliki kuat tekan 20,785 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat tekan 21,626 Mpa, umur 14

hari memiliki kuat tekan 22,180 Mpa, umur 21 hari memiliki kuat tekan 25,058 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 25,557 Mpa

Beton dengan substituis Dramix + Agregat Plastik di umur 4 hari memiliki kuat tekan 21,31 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat tekan 24,18 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat tekan 25,971 Mpa , umur 21 hari memiliki kuat tekan 28,48 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 29,86 Mpa.



Gambar 4. 113. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Tekan

Berdasarkan data hasil kuat tekan tersebut dari ke - empat komposisi yang berbeda dapat diketahui bahwa job mix terbaik untuk fast track 21 Mpa dalam waktu umur 4 hari adalah beton dengan substitusi dramix. Serat dramix dapat membantu mengikat dan menyatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan semen akan menyebabkan beton semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (fiber bridging) yang saling mengikat disekelilingnya.

C. Job Mix Kuat Lentur Terbaik Beton Fast track 21

Data hasil rekapitulasi rata-rata pengujian kuat lentur beton fast track 21 komposisi Beton Normal, Beton dengan substitusi Dramix, Beton dengan substitusi agregat PET dan Beton substitusi Dramix + agregat PET. Untuk umur pengujian 4,7,14,21, dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 68. Hasil Rekapitulasi Rata-rata Pengujian Kuat Lentur Beton

Variasi Benda Uji	Kuat Lentur Beton (MPa)				
	4 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari
Beton Normal	3,12	3,62	3,95	4,19	5,48
Beton Dramix	3,59	3,86	4,23	4,83	5,52
Beton Agg. PET	3,35	3,26	3,73	3,83	4,12
Beton Dramix + Agg PET	3,41	3,71	3,8	3,91	3,94

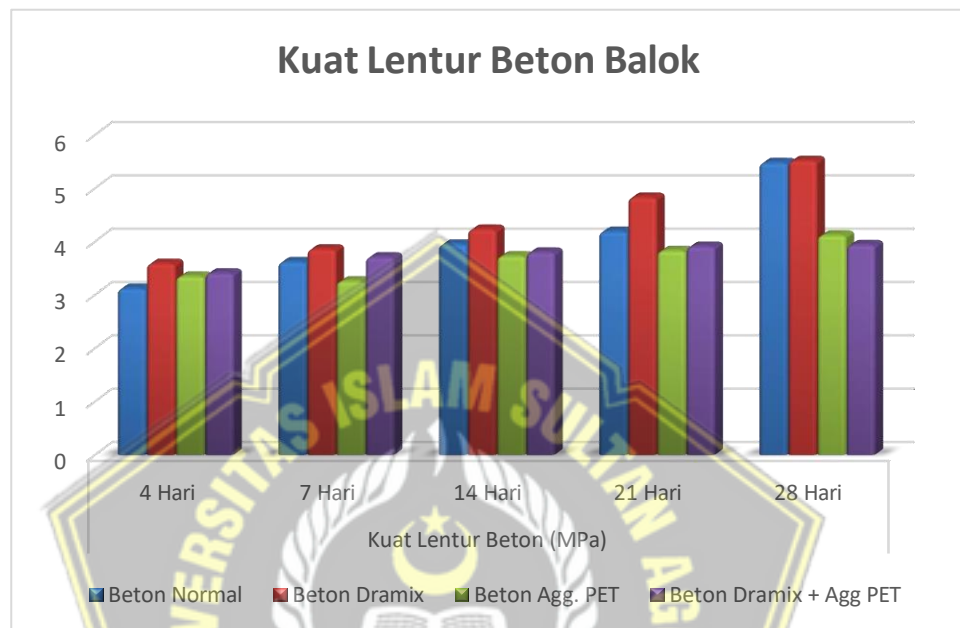
Berdasarkan Tabel 4.68 dapat diketahui rata-rata rekapitulasi kuat lentur beton diperoleh sebagai berikut :

Beton Normal, di umur 4 hari memiliki kuat lentur 3,12 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat lentur 3,62 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat lentur 3,95 Mpa, umur 21 hari memiliki kuat lentur 4,19 Mpa dan umur 28 hari memiliki kuat lentur 5,48 Mpa

Beton dengan substitusi dramix, di umur 4 hari memiliki kuat lentur 3,59 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat lentur 3,86 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat lentur 4,23 Mpa umur 21 hari memiliki kuat lentur 4,83 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat lentur 5,52 Mpa.

Beton dengan substitusi agregat PET, di umur 4 hari memiliki kuat lentur 3,35 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat lentur 3,26 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat lentur 3,73 Mpa, umur 21 hari memiliki kuat lentur 3,83 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat lentur 4,12 Mpa

Beton dengan substituis Dramix + Agregat Plastik di umur 4 hari memiliki kuat lentur 3,41 Mpa, umur 7 hari memiliki kuat lentur 3,71 Mpa, umur 14 hari memiliki kuat lentur 3,80 Mpa , umur 21 hari memiliki kuat lentur 3,91 Mpa, dan umur 28 hari memiliki kuat tekan 3,94 Mpa.



Gambar 4. 114. Grafik Rekapitulasi Rata-rata Kuat Lentur

Berdasarkan data hasil kuat lentur Balok tersebut dari ke - empat komposisi yang berbeda dapat diketahui bahwa job mix terbaik untuk fast track 21 Mpa dalam waktu umur 4 hari adalah beton dengan substitusi dramix. Serat dramix dapat membantu mengikat dan menyatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan semen akan menyebabkan beton semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (fiber bridging) yang saling mengikat disekelilingnya.

4.9.2 Perilaku Mekanik Beton akibat penambahan serat baja dramix dan agregat PET

Perilaku mekanik beton dengan penambahan serat baja dramix dan agregat PET

1. Pada proses pembuatan beton sebaiknya tercampur merata dengan baik, dan pada proses memasukkan campuran ke dalam wadah siinder dan balok harus maksimal karena proses tersebut dapat menyebabkan pemadatan kurang sehingga membuat kondisi sampel atau benda uji mengalami keropos sehingga dapat mempengaruhi hasil dari benda uji.
2. Pada pengujian slump beton dengan penambahan substitusi dramix dan agregat PET, kecenderungan slump untuk masing-masing variasi beton hasilnya menurun dibanding dengan beton normal, artinya semakin banyak substitusi dramix dan agregat PET yang ditambahkan ke dalam campuran variasi beton yang berbeda mengurangi kecenderungan yang menurun
3. Sesuai dengan percobaan yang peneliti lakukan terdapat perbedaan penggunaan persentase air antara beton normal dengan, Beton dengan substitusi Dramix, Beton dengan substitusi agregat PET dan Beton substitusi Dramix + agregat PET. Untuk beton modifikasi membutuhkan lebih banyak air dibandingkan dengan beton normal.
4. penambahan serat baja dramix + agregat PET pada adukan beton tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton dibanding dengan beton normal, tetapi dapat meningkatkan kemampuan menyerap energi (toughness) untuk menahan beban yang bekerja dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi lebih daktil. Dan penambahan agregat PET akan menyebabkan berkurangnya nilai kuat tekan pada beton.
5. Berdasarkan data hasil kuat tekan dan kuat lentur tersebut diketahui bahwa beton dengan substitusi dramix + agregat PET dalam waktu umur 4 hari, telah memenuhi standar persyaratan untuk kuat tekan beton fast track 21 Mpa, maka dapat dikatakan bahwa job mix campuran ini dapat digunakan sebagai perkerasan jalan kelas III (area permukiman) yang tidak dilalui oleh lalu lintas berat.

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. Berdasarkan hasil pengujian job mix desain secara trial maka dapat diketahui untuk campuran beton yang bisa mencapai nilai fast track 21 Mpa adalah
 - a. Beton dengan Substitusi Serat Baja dramix dengan kadar 5%
 - b. Beton dengan Substitusi Agregat PET dengan kadar 5%
 - c. Beton dengan Substitusi di mix atau dicampur antara Serat Baja dramix dengan kadar 5% dan agregat PET dengan kadar 5%

Dari hasil pengujian kuat tekan beton *fast track 21* antara komposisi Beton Normal, Beton dengan substitusi Dramix, Beton dengan substitusi agregat PET dan Beton substitusi Dramix + agregat PET. Diperoleh job mix formula terbaik Beton dengan komposisi Beton substitusi menggunakan serat baja dramix yang memiliki kuat tekan sebesar 29,92 MPa diumur 4 hari nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan di tiap umur rendamannya. Dan nilai kuat lentur terbaik beton *fast track 21* pada variasi beton substitusi dramix dengan kuat lentur sebesar 3,59 Mpa (48,702 kg/cm²) pada umur 4 hari. kuat lentur beton mengalami peningkatan ditiap umur rendamannya

2. Dari hasil test kuat tekan dan kuat lentur beton *fast track 21* pada umur 4 hari sampai 28 hari, semakin lama umur perendaman beton maka nilai kuat tekan dan kuat lenturnya beton semakin baik /naik hal ini disebabkan faktor air semen semakin berkurang. Dan kombinasi/komposisi bahan sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat lentur beton pada mutu beton.

Penambahan serat baja dramix pada adukan beton berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton dibanding dengan beton

normal, tetapi dapat meningkatkan kemampuan menyerap energi (toughness) untuk menahan beban yang bekerja karena aksi serat (fiber bridging) yang saling mengikat disekelilingnya. Dan penambahan agregat PET pada beton membantu mengurangi penggunaan split dan dan mengubah beton dari bahan yang getas menjadi lebih daktil.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, analisis serta pembahasan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton *fast track 21*, maka penulis dapat menyarankan beberapa hal antara lain :

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang beton serat dengan pemanfaatan dramix dengan material agregat PET digabungkan dengan jenis material lainnya.
2. Untuk mempertahankan kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) material agregat halus dan agregat kasar harus diletakan di tempat yang baik agar tetap terjaga dan hasil tidak berubah atau mempengaruhi hasil akhir penelitian
3. Pada saat pemadatan benda uji harus lebih teliti ketika pada saat melakukan pemadatan dengan cara menusuk-nusuk dengan tongkat baja secara merata. dan diberi getaran dengan palu karet agar adukan beton padat secara merata pada bagian samping beton
4. Pemilihan bahan material sebaiknya memperhatikan mutu dan kualitas agar hasil penelitian dapat nilai yang mencapai target
5. Pentingnya tempat pada penyimpanan agregat kasar agar tidak terkena air hujan, karena air hujan bersifat asam yang dapat mempengaruhi mutu pada beton saat pengujian.
6. Pada saat pengujian dan proses pengerjaan diperlukan ketelitian. Terutama pada saat menimbang bahan material untuk pengecoran karna akan mempengaruhi volume beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyrofi Miranda, Vera Agustiana, dan Mold Isnein. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Baja terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal . *Jurnal JRSDD*, 5(e-ISSN : 2303-0011), vol. 8, No. 2, 343 - 360
- Anung Suwarno, Sudarmono Wahana. (2015) Kajian *Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton* . *Jurnal Teknik Sipil* vok. 20 No.
- Asnan muhammad norr, Rusandi Noor dan Rafidah Azzahra (2018) Inovasi Limbah Plastik Menjadi Agregat Kasar Dalam Campuran Beton Ringan . *International Kurnal of Engineering& Teknologi*, 8(1.1) (2019) 207-212
- Bagus, Krisna. 2018. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kapasitas Kuat Tekan Dan Kuat Lentur*. Skripsi Jurusan TeknikSipil Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Bagus, Soebandono. (2013). *Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* Vol. 16, No.1 ha 76-82
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung.
- Edi Purwanto. (2014). *Pengaruh Prosentase Penambahan Serat terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Ringan*. *Jurnal Rekayasa* Vol 15 No.2.
- Hus Aini. (2015). *Penggunaan Botol Plastik Sebagai Agregat pada Campuran Beton dengan Penambahan Silika Fume*. *Lentera* Vol. 15 No.15
- Johanes P.E Prijantoro, Steenie E. Wallah, Servie O Dapas (2018). *Perilaku Mekanis Beton Serat dengan Kombinasi Kawat Bendrat dan Dramix 3D*. *Jurnl Sipil Statik* vol.6 , No.12, (e-ISSN : 2337 – 6732)
- K. P. D. jenderal bina marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, September*.
- Leksono, B. T., Suhendro, B. dan Sulisty, P. 1995. *Pengaruh Fiber Bendrat Berkait Secara Parsial Pada Prilaku dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Dengan Model Skala Penuh*. BPPS-UGM, 8(3B), Agustus 1995.
- 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).
- Oki Sandra Pitaloka. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Serat Baja terhadap Kekuatan dan Modulus Elastisitas Beton. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, vol.5, No.2 hal. 32-39
- Permata, D. M. (2016). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE terhadap Beton (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah
- Prabowo, Faisal. 2016. *Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Nominal Balok Beton Bertulang*. Tesis Program Pasca Sarjana UNS. Solo.
- Pratikto, P. (2010). Beton Ringan Ber-agregat Limbah Botol Plastik Jenis PET (Polythylene Terephthalate). *Jurnal Poli Teknologi*, 9(1).
<http://prosiding.pnj.ac.id/index.php/politeknologi/article/view/481>
- Pratikto. 2009. *Konstruksi Beton I*. Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta. 126 hlm.
- Rafidah Azzahra, Ilma Wijaya, Dikiansyah, dan M. Noor Hassan Pitoyo. (2017). *Inovasi Limbah Plastik menjadi Agregat Kasar dalam Campuran Beton Ringan*. Konferensi Nasional Teknik Sipil
- Shandy Trisakti Paiding Lewa, Patria Kusumaningrum. (2008),. Pengaruh Penambahan Serat Baja terhadap Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete. *CESD* (e-ISSN 2621 – 4164) vol. 3 No.2
- 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>
- Sofiyan j.p Manik, *pengaruh Penambahan Pozzolith 100Ri Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Pengurangan Faktor Air Semen*, (USU Medan : 2008), h. 38.
- Soebandono, B., & As'at Pujiyanto, D. K. (2013). Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE. *Semesta Teknika*, 16(1).
<https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/435>

- SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-4431-1997. 1997. *Metode Pengujian Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI : 03-1970-2008:”Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus”.
- SNI 03-1968-1990:” Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”.
- SNI 03-1974-1990 :”Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”.
- SNI 03-1970-1990 : “Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus”.
- SNI 03-1971-1990 : “Metode Pengujian Kadar Air Agregat”.
- Umum, S. (2018). Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga*.
- Yessi Rismayasari, Utaro, dan Usman Santosa. 2015. *Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakteristiknya* .Jurnal Penelitian Hal.24
- Yudi Risdiyanto. 2013. *Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Perbandingan Berat Untuk Produksi Beton Massa Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Merapi Studi Kasus Pada Pembangunan Sabo Dam*.Universitas Negeri Yogyakarta, h, 2-3.
- Yudi Setiawan,Noviayanthi Hadayani, dan Norsetha Ajie Saputra (2020). *Limbah Plastik HDPE Sebagai Material Campuran dalam Beton f_c' 12 Mpa*. AGGREGAT (ISSN : 2541-0318) vol.7, No.2