

TUGAS AKHIR
ANALISA BETON *FAST TRACK* MORTAR BUSA UNTUK
PERKERASAN JALAN

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



Disusun Oleh :

Muhammad Rifqi Maula
NIM : 30201900151

Muhammad Syaiful Aziz
NIM : 30201900153

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA BETON *FAST TRACK* MORTAR BUSA UNTUK PERKERASAN JALAN



Muhammad Rifqi Maula

NIM : 30201900151



Muhammad Syaiful aziz

NIM : 30201900153

Telah disetujui dan disahkan di Semarang Agustus 2023

Tim Penguji

1. **Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D**

NIDN : 0605016802

2. **Juny Andry Sulistyo, ST., MT.**

NIDN : 0611118903

3. **Ir. Gata Dian Asfari, MT**

NIDN : 0628055801

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 31 / A.2 / SA - T / VII / 2023

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

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Juny Andry Sulistyo, ST.,
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Muhammad Rifqi Maula
NIM : 30201900151

Muhammad Syaiful Aziz
NIM : 30201900153

Judul : ANALISA BETON *EAST TRACK* MORTAR BUSA UNTUK PERKERASAN JALAN

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	13/03/2023	ACC
2	Seminar Proposal	23/05/2023	
3	Pengumpulan data	25/06/2023	
4	Analisis data	27/06/2023	
5	Penyusunan laporan	05/07/2023	ACC
6	Selesai laporan	25/07/2023	

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

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

Juny Andry Sulistyo, ST MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyan, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Rifqi Maula

NIM : 30201900151

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“Analisa Beton *Fast Track* Mortar Busa untuk Perkerasan Jalan”

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rifqi Maula

NIM : 30201900151



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Syaiful Aziz

NIM : 30201900153

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“Analisa Beton *Fast Track* Mortar Busa untuk Perkerasan Jalan”

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan

Muhammad Syaiful Aziz

NIM : 30201900153

PERNYATAAN KEASLIAN

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Rifqi Maula
NIM : 30201900151
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Beton *Fast Track* Mortar Busa untuk
Perkerasan Jalan

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rifqi Maula

NIM : 30201900151

PERNYATAAN KEASLIAN

yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Muhammad Syaiful Aziz
NIM : 30201900153
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Beton *Fast Track* Mortar Busa untuk Perkerasan Jalan

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,




Muhammad Syaiful Aziz

NIM : 30201900153

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا
لَّهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ 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)

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

Artinya: “Allah akan mengangkat kedudukan orang-orang yang beriman dan diberi ilmu di antara kalian beberapa derajat.” (QS Al Mujadalah ayat 11)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya: “Maka sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.” (QS. Al Insyirah ayat 5-6)

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Sudirman dan Ibu saya Mindarwati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D dan Bapak 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. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Muhammad Syaiful Aziz, terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2019, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Muhammad Rifqi Maula

NIM : 30201900151

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Selamat dan Ibu saya Jeminah , atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D dan Bapak 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. Kakak saya Liya Lilistiana S.farm terima kasih atas support serta masukan yang selalu diberikan.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Muhammad Rifqi Maula, terimakasih sudah mau bertahan sampai sejauh ini dan juga terimakasih atas waktu serta semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Untuk teman-temanku Angkatan 2019 Fakultas Teknik terimakasih atas bantuan serta perhatiannya selama ini.

Muhammad Syaiful Aziz

NIM : 30201900153

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselasaikan dengan baik tentang “Analisa Beton *Fast Track* Mortar Busa Untuk Perkerasan Jalan”, guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Juny Andry Sulisty, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Umum.....	4
2.2 Teori Mortar Busa	4
2.3 Material Mortar Busa	6
2.3.1 Semen	6
2.3.2 Agregat Halus	6
2.3.3 Air.....	7
2.3.4 <i>Foam Agent</i>	8
2.4 Bahan Tambah	9
2.4.1 <i>Retarder</i>	9
2.5 Kuat Tekan Beton	9

2.6 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Bagan Alir Penelitian	14
3.2 Metode Penelitian	15
3.3 Bahan	16
3.4 Peralatan	18
3.5 Tahap Penelitian	22
3.6 Metode Analisis	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Persiapan Material	27
4.1.1 Agregat Halus	27
4.2 Komposisi Material Beton	34
4.3 <i>Job Mix Design</i>	37
4.4 Kuat Tekan Beton Normal	38
4.5 Kuat Tekan <i>Fast track</i> 4 Hari	39
4.6 Kuat Tekan <i>Fast track</i> 7 Hari	43
4.7 Kuat Tekan <i>Fast track</i> 28 Hari	48
4.8 Hasil Uji <i>Slump Flow</i>	52
4.9 Kuat Tekan Rata-Rata	53
4.9.1 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal	53
4.9.2 Kuat Tekan Rata-Rata 4 Hari	54
4.9.3 Kuat Tekan Rata-Rata 7 Hari	55
4.9.4 Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	xxi

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gradasi Agregat halus untuk Mortar Busa.....	7
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	27
Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	29
Tabel 4. 3 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	30
Tabel 4. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	31
Tabel 4. 5 Hasil Penyaringan Saringan Agregat Halus.....	31
Tabel 4. 6 Hasil Saringan Agregat Halus.....	33
Tabel 4. 7 Komposisi Material Beton Normal.....	34
Tabel 4. 8 Presentase Komposisi Material Beton Normal per 1 m ³	35
Tabel 4. 9 Komposisi Material Mortar Busa dengan Zat Adiktif.....	35
Tabel 4. 10 Presentase Komposisi Material Mortar Busa per 1 m ³ Variasi 1 (satu)...	35
Tabel 4. 11 Presentase Komposisi Material Campuran per 1 m ³ Variasi 2 (dua).....	36
Tabel 4. 12 Komposisi Material Mortar Busa dengan Zat Adiktif per 0,002 m ³	36
Tabel 4. 13 Job Mixed Design	37
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Beton Normal	38
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 4 Hari Komposisi 1 (0,40% FA dan 0,40 % RTD)	40
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 4 Hari Komposisi 2 (0,60% FA dan 0,40 % RTD)	40
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 7 Hari Komposisi 1 (0,40% FA dan 0,40 % RTD)	44
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 7 Hari Komposisi 2 (0,60% FA dan 0,40 % RTD)	44
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 28 Hari Komposisi 1 (0,40% FA dan 0,40 % RTD)	48
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 28 Hari Komposisi 2 (0,60% FA dan 0,40 % RTD)	48
Tabel 4. 21 Hasil <i>Slump Test</i>	52

Tabel 4. 22 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal	53
Tabel 4. 23 Kuat Tekan Rata-Rata Mortar Busa Umur 4 Hari	54
Tabel 4. 24 Kuat Tekan Rata-Rata Mortar Busa Umur 7 Hari	55
Tabel 4. 25 Kuat Tekan Rata-Rata Mortar Busa Umur 28 Hari	57
Tabel 4. 26 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Variasi.....	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian	15
Gambar 3. 2 Semen Gresik	16
Gambar 3. 3 Pasir ex Merapi	16
Gambar 3. 4 Air	17
Gambar 3. 5 <i>Foam Agent</i>	17
Gambar 3. 6 Bahan aditif <i>retarder type D</i>	17
Gambar 3. 7 Timbangan.....	18
Gambar 3. 8 Ayakan	18
Gambar 3. 9 Bor <i>Mixer</i>	19
Gambar 3. 10 Gelas Ukur	19
Gambar 3. 11 Ember	20
Gambar 3. 12 Oven	20
Gambar 3. 13 Cetakan Silinder Beton	21
Gambar 3. 14 Alat Penguji Beton	21
Gambar 3. 15 Proses Pencampuran Semen dan Pasir	22
Gambar 3. 16 Proses Pencampuran Air <i>Foam Agent</i> dan Aditif	23
Gambar 3. 17 Proses Pengadukan Sampai Mengembang Sempurna.....	23
Gambar 3. 18 Proses Pencampuran Mortar dan Busa Foam.....	23
Gambar 3. 19 Proses Pencetakan Benda Uji.....	24
Gambar 3. 20 Pencopotan Benda Uji Silinder Setelah Dicitak	24
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	34
Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari	38
Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari	39
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari	39
Gambar 4. 5 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (1)	41
Gambar 4. 6 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (2)	41
Gambar 4. 7 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (3)	42
Gambar 4. 8 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (1)	42
Gambar 4. 9 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (2)	43

Gambar 4. 10 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (3)	43
Gambar 4. 11 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (1)	45
Gambar 4. 12 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (2)	45
Gambar 4. 13 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (3)	46
Gambar 4. 14 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (1)	46
Gambar 4. 15 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (2)	47
Gambar 4. 16 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (3)	47
Gambar 4. 17 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (1)	49
Gambar 4. 18 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (2)	49
Gambar 4. 19 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (3)	50
Gambar 4. 20 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (1)	50
Gambar 4. 21 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (2)	51
Gambar 4. 22 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (3)	51
Gambar 4. 23 Grafik Hasil Uji Slump Flow	52
Gambar 4. 24 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata 4 Hari	53
Gambar 4. 25 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata 4 Hari	55
Gambar 4. 26 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata 7 Hari	56
Gambar 4. 27 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari	58
Gambar 4. 28 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton Variasi	58

ANALISA BETON *FAST TRACK* MORTAR BUSA UNTUK PERKERASAN JALAN

ABSTRAK

Penggunaan mortar busa untuk konstruksi jalan dan jembatan, seperti timbunan jalan dan oprit timbunan ringan jembatan, adalah salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini. Mortar busa adalah campuran cairan busa (*foaming agent*), semen, pasir, dan air. Metode ini digunakan untuk mendapatkan nilai berat isi dan kekuatan yang dapat disesuaikan sesuai permintaan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton *fast track* mortar busa. Penelitian ini mengkaji pengaruh presentase *foam agent* dan bahan tambah aditif *retarder type D* terhadap kuat tekan beton *fast track* mortar busa presentase komposisi yang digunakan yaitu 0,40% FA dan 0,40% RTD untuk komposisi pertama, 0,60% FA dan 40% RTD untuk komposisi kedua. Penelitian ini berupa eksperimental di laboratorium dengan benda uji mortar busa berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm sebanyak 21 sampel benda uji, kemudian diuji kuat tekannya setelah perendaman selama 4, 7, dan 28 hari.

Hasil eksperimental diperoleh bahwa beton normal dengan perawatan rendaman selama 28 hari menunjukkan nilai kuat tekan lebih tinggi yaitu 24,242 MPa. Mortar busa pada komposisi kedua menunjukkan nilai kuat tekan maksimal diperoleh saat umur 28 hari yaitu 15,85 MPa. Sedangkan komposisi pertama menunjukkan nilai kuat tekan maksimal diperoleh saat umur 28 hari yaitu 7,25 MPa.

Kata Kunci : Mortar busa, *Foam agent*, *retarder*, Kuat tekan

ANALYSIS OF *FAST TRACK* MORTAR FOAM CONCRETE FOR ROAD PAVEMENT

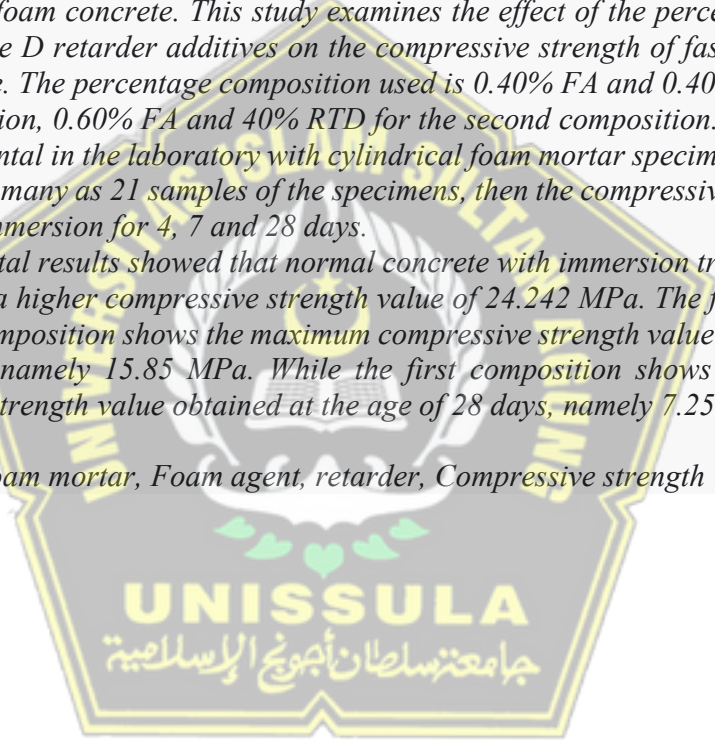
ABSTRACT

The use of foam mortar for road and bridge construction, such as road embankment and bridge embankments, is one of the technologies currently being developed. Foam mortar is a mixture of liquid foam (foaming agent), cement, sand and water. This method is used to obtain unit weight and strength values which can be adjusted according to demand.

This study aims to compare the compressive strength of normal concrete with fast track mortar foam concrete. This study examines the effect of the percentage of foam agent and type D retarder additives on the compressive strength of fast track mortar foam concrete. The percentage composition used is 0.40% FA and 0.40% RTD for the first composition, 0.60% FA and 40% RTD for the second composition. This research was experimental in the laboratory with cylindrical foam mortar specimens measuring 15 x 30 cm as many as 21 samples of the specimens, then the compressive strength was tested after immersion for 4, 7 and 28 days.

Experimental results showed that normal concrete with immersion treatment for 28 days showed a higher compressive strength value of 24.242 MPa. The foam mortar in the second composition shows the maximum compressive strength value obtained at 28 days of age, namely 15.85 MPa. While the first composition shows the maximum compressive strength value obtained at the age of 28 days, namely 7.25 MPa.

Keywords: *Foam mortar, Foam agent, retarder, Compressive strength*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu teknologi saat ini yang dikembangkan yaitu penggunaan mortar busa sebagai material timbunan jalan. Mortar busa memiliki tekanan kuat yang tinggi dan waktu pengoperasian yang lebih cepat, ringan dan mudah dikerjakan. (Atamini dan Moestofa; 2018).

Menginjeksikan busa sintetis ke dalam mortar atau pasta semen dikenal dengan sebutan beton busa ringan dengan tidak membutuhkan pemadatan, sehingga Beton busa mudah mengalir ke rongga yang tidak beraturan. Berat jenis yang dihasilkan adalah 400-1800 kg/cm³. Proses pengerasan beton membutuhkan waktu 24 jam. Pada awal tahun 1920-an memproduksi beton busa ringan autoklaf yang digunakan sebagai bahan isolasi. Sedangkan untuk sifat fisik dan pembuatan beton busa ringan awal mula diselidiki berkisar 1950-1960. Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan alternatif penemuan guna pemanfaatan konstruksi beton secara tepat dan efisien di berbagai bidang guna memperoleh mutu beton yang bagus.

Bahan busa pada beton ringan ialah salah satu bahan konstruksi yang paling berkembang. Bahan konstruksi beton ringan adalah busa, semen, pasir, air dan bahan tambahan lain yang dibutuhkan.

Perkembangan teknologi mortar busa sebelumnya sudah digunakan pada konstruksi jalan dan jembatan, contohnya pada timbunan jalan dan oprit timbunan ringan pada jembatan. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk perkerasan jalan dengan memanfaatkan teknologi mortar busa, maka perlu dilakukan kajian tentang analisa beton *fast track* mortar busa pada perkerasan jalan.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana beton *fast track* mortar busa dapat menerima kuat tekan rencana sebesar f_c 20 MPa untuk perkerasan jalan.
2. Bagaimana pengaruh beton mortar busa terhadap bahan tambahan aditif *retarder* type D.

1.3. Tujuan Penelitian

tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui *job mix* formula terbaik pada beton *fast track* mortar busa untuk perkerasan jalan.
2. Mengetahui pengaruh beton mortar busa terhadap bahan tambah aditif *retarder* type D.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Secara Teoritis
 - a. Meningkatkan pengetahuan di bidang ilmu teknik sipil, khususnya dalam penggunaan mortar busa untuk perkerasan jalan.
 - b. Penelitian dengan penggunaan mortar busa pada konstruksi jalan ini dapat memberi tambahan ilmu pengetahuan yang baru dalam bidang teknik sipil, khususnya yang berkaitan dengan perkerasan jalan.
2. Secara Praktis
 - a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pada pengembangan teknologi yang baik dalam pemanfaatan beton busa sebagai perkerasan jalan.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini harus dibatasi agar sesuai dengan tujuannya. Batasan-batasan penelitian ini meliputi :

- a. Praktikum dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula.

- b. Penelitian ini hanya menguji kuat tekan mortar busa dan pengaruh bahan aditif *retarder type D*.
- c. Tidak ada nilai ekonomi dalam penelitian ini jika diterapkan di lapangan..
- d. Semen menggunakan *Portland composite cement* tipe 1.
- e. Bahan *foam agent* yang digunakan adalah *foam agent* sintesis.
- f. Agregat halus menggunakan pasir ex merapi.
- g. Uji yang dilakukan yaitu uji kuat tekan dengan variasi waktu 4,7, dan 28 hari.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistem penulisan laporan akhir terdiri dari beberapa bab dan sub bab, masing-masing bab dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistem penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka menjelaskan tentang teori dasar, rumus dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dibahas.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mengandung tata cara atau proses yang dipakai dalam menuntaskan tugas akhir ini baik berupa pengumpulan data atau yang lainnya

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab analisis dan pembahasan menjelaskan tentang temuan dan analisis penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini mengandung kesimpulan dari hasil analisis dan saran untuk penyusunan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum

Bahan pembangunan yang digunakan dalam pembangunan gedung, jalan, dan jembatan sebagian besar menggunakan bahan baku beton untuk memperkuat bahan bangunan. Bahan komposit (campuran) merupakan bahan utama dalam pembuatan beton yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan tambahan bahan lainnya dalam proporsi tertentu. Karena memiliki tekanan yang tinggi, kedap air, tahan terhadap keausan, susut yang terjadi kecil dan bertahan lama dapat dikatakan ciri-ciri beton yang baik beton sehingga mutu beton sangat bergantung penyusunnya. (Tjokrodimulyo, 1996).

Bahan pembentuk beton terbagi menjadi dua yaitu bahan aktif dan bahan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Golongan aktif adalah semen portland dan air sedangkan golongan pasif (meningkatkan volume) adalah agregat yang terbagi menjadi agregat kasar dan agregat halus. Kelompok pasif disebut sebagai perekat atau pengikat dari penggabungan bahan yang digunakan. Aditif adalah beton melakukan pencampuran dengan bahan selain air, agregat atau semen. Melakukan perubahan sifat-sifat beton agar lebih sesuai untuk pekerjaan tertentu dan meningkatkan nilai ekonomi, disamping tujuan penghematan energi merupakan tujuan dari konsumsi bahan tambahan (Santos et al, 2019).

2.2. Teori Mortar Busa

Produksi beton aerasi yang diautoklaf terutama digunakan sebagai insulasi pada awal tahun 1920-an. Sedangkan sekitar pada tahun 1950-1960 merupakan komposisi, sifat fisik dan produksi beton busa. Setelah adanya penemuan tersebut produksi, komposisi, dan sifat fisik munculnya bahan campuran baru kemudian dikembangkan pada tahun 1970-an dan awal 1980-an mengarah pada komersial beton busa pada proyek konstruksi bangunan. Belanda melakukan pengisian kekosongan dan stabilisasi pada tanah, sehingga membantu meluasnya penggunaan beton busa sebagai bahan pembangunan.

Foam mortar adalah campuran busa cair, semen, pasir dan air. Pengembangan hingga 4 (empat) kali volume awal untuk mengurangi kebutuhan bahan dibandingkan dengan bahan tanpa campuran busa sehingga dilakukan penambahan busa pada campuran mortar. Untuk mendapatkan nilai berat satuan dan kekuatan yang dapat direncanakan sesuai kebutuhan merupakan tujuan foam mortar (Handyani, 2007).

Batu berongga digunakan untuk pengganti agregat kasar atau bahkan kerikil dan merupakan spesifikasi beton ringan atau agregat ringan. Beton busa umumnya digunakan sebagai komponen dinding bangunan, bahan insulasi panas untuk atap, penstabil tanah dan pengisi beton rangka baja, sehingga diperlukan dosis agregat ringan 1400kg/m³ dan 2000 kg/m³. Mortar busa ini dapat diklasifikasikan menurut jenis kerikil atau agregat kasar yang digunakan yaitu:

1. Isolasi Beton Beton memiliki berat 300 - 800 kg/m³ dan kuat tekan 0,69 - 0,89 MPa. Jenis agregat perlit dan vermikulit digunakan untuk tujuan insulasi termal karena konduktivitas termal yang rendah dan kemampuan penyerapan suara.
2. Beton berkekuatan sedang Beton ini mempunyai berat antara 800 - 1440 kg/m³ dan kuat tekannya 6,89-17,27 MPa dan digunakan untuk struktur beton ringan atau pengisi dan mengandung abu terbang, tanah liat, batu apung, batu tulis dan terak.
3. Beton struktural Beton ini mempunyai berat jenis antara 1440 kg/m³ dan 1850 kg/m³ dan kuat tekannya > 17,24 MPa dan digunakan sebagai beton struktural dan terak.
4. Beton ringan didapatkan dengan mencampurkan udara ke dalam mortar (air-entrained concrete atau air-entrained concrete) sehingga membentuk pori-pori dengan ukuran 0,1-1 mm dan berat 200 sampai 1440 kg/m³. Menambahkan larutan hidrogen peroksida sebagai agen aerasi secara signifikan meningkatkan volume campuran beton, memungkinkannya bertindak sebagai beton isolasi dan tahan api.

2.3. Material Mortar Busa

Bahan material terbagi menjadi empat bagian yaitu semen, pasir atau agregat halus, air dan cairan busa (*foam agent*) merupakan susunan mortar busa.

2.3.1. Semen

Semen hidrolik terdiri dari kalsium silikat hidrolik sebagai klinker penggilingan dan menggunakan bahan tambahan berupa gipsum disebut Semen Portland (SNI, 15-2049-2004).

Ada lima jenis semen Portland, yaitu:

1. Tipe 1, pemakaian umum tidak membutuhkan persyaratan khusus untuk jenis lain.
2. Tipe 2, membutuhkan ketahanan sedang terhadap sulfat atau panas hidrasi dalam penggunaan semen Portland.
3. Tipe 3, memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap awal setelah bond in dalam penggunaan semen Portland.
4. Tipe 4, membutuhkan lebih sedikit panas hidrasi saat digunakan dalam penggunaan semen Portland.
5. Tipe 5, memerlukan ketahanan sulfat yang tinggi dalam penggunaan semen Portland.

Sifat Semen PCC:

- a. Memiliki panas hidrasi rendah hingga sedang.
- b. Tahan terhadap sulfat.
- c. Kekuatan tekan rendah pada awalnya, tetapi tinggi pada akhirnya.

2.3.2. Agregat Halus (Pasir)

Menurut SNI 03-6820-2002 (2002:171), agregat halus seharusnya bebas dari bahan organik, tanah liat, partikel yang lebih kecil dari saringan atau bahan lain yang dapat merusak beton kemudian diisikan dalam bentuk pasir alam (natural sand) atau pasir buatan dari alat pemecah batu (artificial) sebagai hasil penghancuran alami batuan. pasir) dengan ukuran kecil (0,15-5 mm).

Menurut SNI 03-6821-2002 secara umum syarat agregat yang baik adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus memiliki butiran yang tajam dan keras.
- b. Biji-bijian terbaik bersifat permanen, artinya tidak akan rusak atau hancur karena pengaruh cuaca. Untuk melakukan uji larutan garam jenuh dapat mengetahui sifat pengawetan agregat halus. Natrium sulfat digunakan untuk fraksi maksimum terurai adalah 10% berat.
- c. Apabila kandungan lanau melebihi 5% maka pasir harus dicuci ulang sehingga agregat halus tidak mengandung lanau lebih dari 5% (berdasarkan berat kering).

Tabel 2.1 Gradasi agregat halus untuk mortar busa

No.	Ukuran Ayakan		% Berat Lolos	
	Inci/No.	mm	Minimum	Maksimum
1	1/2"	12,7	100	100
2	3/8"	9,51	98	100
3	1/4"	6,35	96	100
4	No. 4	4,76	95	100
5	No. 8	2,36	80	100
6	No. 16	1,19	50	85
7	No. 30	0,595	25	60
8	No. 50	0,297	11	33
9	No. 100	0,149	4	15
10	No. 200	0,075	0	3

(Sumber : jurnal)

2.3.3. Air

Dalam pembuatan beton membutuhkan bahan baku yang terpenting yaitu dengan menggunakan bahan baku Air. Air dibutuhkan untuk memicu proses kimia penyemenan dalam pembuatan beton ringan menyebabkan proses pengikatan, pengerasan beton, membasahi agregat dan membantu proses terbentuknya material (Manurung, 2020).

Penggunaan campuran beton yang digunakan berkisar 0,4 – 0,6 untuk memperoleh mutu beton padat dan kuat dapat menggunakan kadar jumlah air minimum akan

tetapi konstan dan workability maksimum sehingga menyatakan rasio air-semen antara berat air dibagi dengan berat semen (Manurung, 2020).

Spesifikasi campuran air yang digunakan dalam produksi beton semen hidrolis sehubungan dengan ASTM C 1602M atau SNI 03-7974-2013. Persyaratan umum air yang bisa digunakan dalam proses pencampuran adalah:

1. Air bersih tidak mengandung lumpur, minyak karena dapat mengurangi daya rekat beton.
2. Menggunakan air bersih dan bebas dari zat berbahaya seperti minyak, asam, alkali, yang berbahaya bagi beton.
3. Ion klorida bukan dilepaskan dengan jumlah berbahaya bila dicampur dengan air, yaitu lebih dari 0,5 g/l.
4. Senyawa sulfat (seperti SO_3) tidak boleh melebihi 1 g/l bila dicampur dengan air.
5. Tidak menggunakan air yang tidak dapat diminim.

2.3.4. Foam Agent

Bahan seperti yang terbuat dari protein nabati adalah bahan ringan yang menghasilkan gelembung diskrit yang stabil dan memenuhi spesifikasi teknis yang dibuat dengan menjebak gelembung bahan baku surfaktan dari cairan atau padatan, terutama jenis cairan berbuis.

Bahan kimia majemuk berasal dari campuran bahan alami seperti protein memiliki densitas 80 g/l, sedangkan bahan sintetis memiliki densitas 40 g/l dengan nilai satuan berat 0,075 - 0,085 t/m³ bila dicampur dengan air menggunakan generator busa dapat membuat cairan busa sehingga dapat menimbulkan gelembung cairan busa.

Untuk menambah volume mortar busa tetapi tanpa menambah berat mortar busa, secara fisik mortar busa dapat lebih besar dari mortar busa pada umumnya sehingga berat kurang lebih sama atau dapat lebih ringan merupakan tujuan dari cairan busa.

2.4. Bahan Tambah

Bahan ditambahkan ke dalam campuran beton dalam jumlah sedikit, sehingga tingkat pengendaliannya harus lebih besar dari pada pekerjaan beton biasa. Penambahan zat aditif pada beton tidak menimbulkan efek samping berupa peningkatan susut kering, penurunan elastisitas sehingga dilakukan tujuan pengendalian zat adiktif (Murdock & Brook, 1999).

Zat aditif digunakan dalam pembuatan beton dibagi menjadi dua, yaitu aditif kimia dan aditif mineral. Pada penelitian ini, pada proses pembuatan beton menggunakan aditif retarder.

2.4.1. Retarder

Untuk mengurangi jumlah air pencampur yang dibutuhkan dalam beton, namun tetap mendapatkan campuran dengan tingkat konsistensi tertentu sekaligus memperlambat pengerasan awal dan pengerasan beton sehingga adanya bahan tambahan yang memiliki fungsi ganda.

2.5. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah jumlah beban per satuan luas ketika benda diuji beton runtuh maka gaya tekan konstan diterapkan, dan dapat dihitung menurut SNI 1974:2011 dengan membagi beban tekan maksimum yang akan diterima benda uji selama pengujian dengan bagian luar penampang.

Jenis campuran, sifat agregat, waktu dan kualitas perawatan tergantung pada apakah beton memiliki kuat tekan 14.000 psi atau lebih. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 3000 psi (20684 N/mm²) hingga 6000 psi (41368 N/mm²), dan beton komersial dengan agregat normal memiliki kekuatan sekitar 300 psi (2068 N/mm²) hingga 10000 psi (68947 N/mm²). Pada usia 28 hari, kuat tekan f'_c diukur dengan menggunakan silinder standar (6" x 12") yang diperlakukan pada laju pembebanan di bawah kondisi laboratorium standar. Karena spesifikasi standar ASTM C-39 digunakan di AS, kekuatan gulungan ditentukan oleh perbedaan kondisi kompresi dan penyembuhan (Nawy, E. G. 1998).

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana:

f'_c = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

Pada penelitian ini kuat tekan beton direpresentasikan dengan tegangan tekan maksimum f_c dengan satuan N/mm² atau MPa (Mega Pascal).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

- Kuat tekanan rata-rata dan kekuatan ultimate beton berdasarkan jenis penggunaan semen beserta kualitas bahan material.
- Jenis dan tekstur permukaan agregat.
- Apabila kehilangan kekuatan akibat pengeringan berakibat prematur berkisar 40% sehingga diperhatikan curing beton.
- Kecepatan pengerasan dipengaruhi oleh temperatur.
- Keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur.

2.6. Penelitian Terdahulu Yang Sejenis

Penelitian ini didasarkan pada temuan beberapa penelitian sebelumnya yang akan dijadikan bahan perbandingan dan penelitian. Pada tabel 2.2 menjelaskan uraian dari penelitian terdahulu.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

NO	PENELITIAN	JUDUL	METODE	VARIABEL	HASIL
1	Ahmad Hamidi, Randhi Saily, M. Arif Hidayat (2022)	PENGARUH SIFAT KARAKTERISTIK MORTAR BUSA DENGAN PENAMBAHAN ADDICTIVE	Pengujian dilakukan pada mortar busa dengan lima variasi yang berbeda: variasi standar, aditif 0,25%, aditif 0,5%, aditif 0,75%, dan aditif 1%. Campuran semen, air, pasir, penggerak foam, dan presentasi aditif dihitung dengan persentase aditif dibagi dengan berat semen.	Semen, pasir, <i>foam agent</i> , aditif.	Hasil pemeriksaan aliran menunjukkan bahwa presentase aditif yang digunakan sebanding dengan aliran yang dihasilkan. dimana aliran minimum 18 cm berada pada variasi normal.
2	Deli Noviarti Rachman, Susi Riwayati, Ahmad Hidayat,	PENGUN AAN FOAM AGENT PADA BETON	Mengetahui nilai <i>density</i> dan kuat tekan pada beton penambahan	<i>Foam agent</i>	Nilai kuat tekan beton memiliki nilai kuat tekan pada beton normal (0%)

	Tri Nitami Pratiwi (2022)	UNTUK PEMBUATAN BETON RINGAN	0%, 15% ,20%, dan 25% dari jumlah air.		351,3 kg/cm ² . beton campuran (15%) 65,7 kg/cm ² , beton campuran (20%) 28,0 kg/cm ² , beton campuran (25%) 0 kg/cm ² .
3	Roza Mildawati, Anwar, Sri Hartati Dewi (2020)	ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN FOAM AGENT SINTETIS DAN FOAM AGENT NABATI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR BUSA	Nilai kuat tekan beton memiliki kuat tekan pada beton normal (0%) 351,3 kg/cm ² . beton campuran (15%) 65,7 kg/cm ² , beton campuran (20%) 28,0 kg/cm ² , beton campuran (25%) 0 kg/cm ² .	Foam agent nabati dan foam agent sintetis.	Dalam penelitian ini, penggunaan foam agent berpengaruh. Semakin banyak foam agent yang digunakan, semakin ringan isi adukan dan semakin besar nilai aliran dan angka pori. Pada Foam agent nabati dalam penelitian ini memiliki berat isi adukan dan nilai aliran yang lebih tinggi daripada foam agent sintetis.
4	Salsabila Belandi, Nudia (2019)	PENGARUH KADAR AIR TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR BUSA SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI JALAN	Penggunaan material mortar busa sebagai material timbunan. Menggunakan foam agent sebagai bahan tambah dari campuran pasir, semen, air untuk pembuatan mortar busa yang dapat di aplikasikan pada timbunan jalan di bagian lapis pondasi.	Foam agent variasi 1:20, 1:25, 1:30, 1:35, 1:40.	Berdasarkan hasil pengujian variasi 1:20, 1:25, dan 1:30 telah memenuhi kuat tekan rencana yaitu 800 Kpa, sedangkan pada variasi 1:35, 1:40 tidak memenuhi kuat tekan rencana yaitu 800 Kpa.
5	Abraham Dio Prayuda Tandi (2021)	KUAT TEKAN BETON BUSA YANG MENGGUNAKAN SERAT	Analisis kekuatan tekan beton busa yang menggunakan dan yang tidak menggunakan serat.	Polypropylene Monofilament	Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji dengan serat monofilament Polypropylene mengalami kekuatan tekan

		<i>POLYPROPYLENE MONOFILAMENT</i>			yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang tidak menggunakan serat..
6	Auggita Rizky Fitriasih (2021)	ANALISIS PERBANDINGAN ANTARA MORTAR BUSA DENGAN TANAH SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN OPRIT JEMBATAN LAYANG	nilai penurunan pada tanah yang disebabkan oleh penggunaan mortar busa sebagai timbunan pada jalan di dekat jembatan layang, yang dianalisis dengan menggunakan Plaxis 2D.	Mortar busa	Mortar busa memperoleh nilai penurunan yang lebih kecil daripada dengan timbunan tanah lainnya.
7	Yuni Wijastuti (2019)	PENGARUH JENIS AIR RENDAMAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR BUSA SEBAGAI PENGANTAR TIMBUNAN PADA KONSTRUKSI JALAN	Menurut hasil analisis, timbunan mortar busa kehilangan nilai yang lebih kecil dari pada timbunan tanah pilihan.	Air laut, air gambut, air hujan, dan air bersih.	Mortar busa kehilangan nilai yang lebih kecil daripada timbunan tanah lainnya. Selain itu, sifatnya yang kaku dan stabil membuat mortar busa menjadi pilihan yang tepat.
8	Hermanto (2019)	PENGARUH PEMAKAIAN JENIS AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BEBAS MATERIAL RINGAN MORTAR BUSA	Eksperimen ini menggunakan 125 benda uji, terdiri dari silinder beton 10 cm x 20 cm.	Pasir laut di Tanjung Balaai Karimun, pasir di danau Bingkuang, pasir di Teratak Buluh, pasir di Tembilahan, pasir di Kulim Pekanbaru, dan pasir sungai lainnya.	Mortar busa dengan pasir darat/cuci kulit memiliki pori rata-rata terbesar sebesar 0,246, sedangkan pasir laut memiliki pori terkecil sebesar Tjg.
9	Fira Vidia Br Manurung (2020)	ANALISIS KUAT TARIK BELAH BETON BUSA DENGAN	Ketika abu sekam padi, serat sabut kelapa, dan serbuk cangkang telur ditambahkan	Serat serabut kelapa, serbuk cangkang telur, dan abu sekam padi	Variasi I memiliki kekuatan tekan tertinggi 5,69 Mpa, dan variasi II memiliki kekuatan tarik

		KOMBINA SI BAHAN TAMBAHA N	sebagai pengganti semen sebagian, kekuatan tarik belah beton busa menurun dengan nilai 0%, 10%, 15%, 20%		tertinggi 0,47 Mpa.
--	--	-------------------------------------	---	--	------------------------

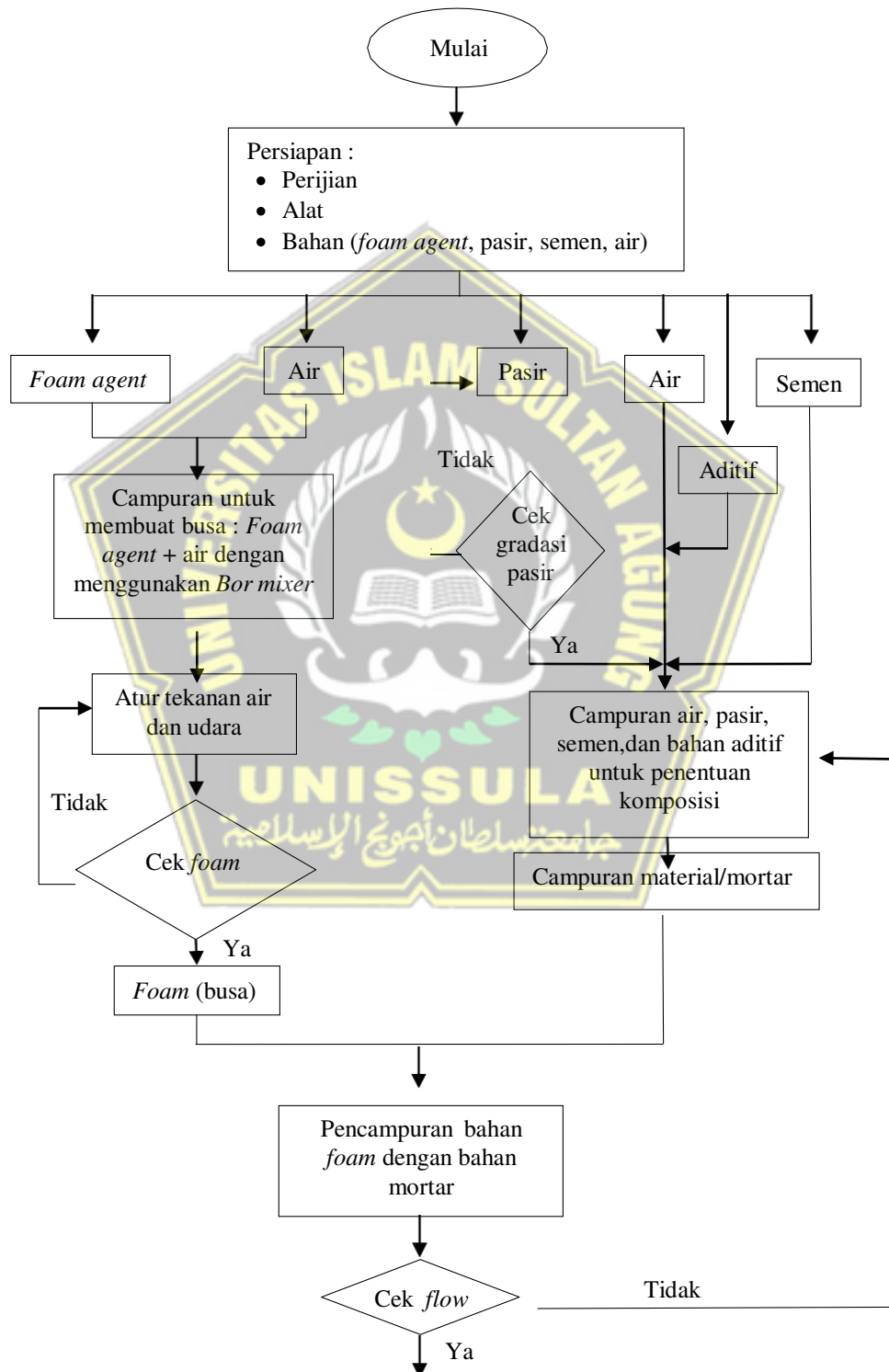
NO	PENULIS	JUDUL	METODE	VARIABEL	HASIL
1	Muhammad Rifqi Maula, Muhammad Syaiful Aziz (2023)	ANALISA BETON FAST TRACK MORTAR BUSA UNTUK PERKERAS AN JALAN	Metode eksperimen mortar busa dengan bahan tambah aditif <i>retarder type D</i> untuk mengetahui nilai kuat tekan	Pasir, semen, air, <i>foam</i> <i>agent</i> , aditif <i>retarder type</i> <i>D</i>	Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada komposisi kedua yaitu sebesar 15,85 Mpa.

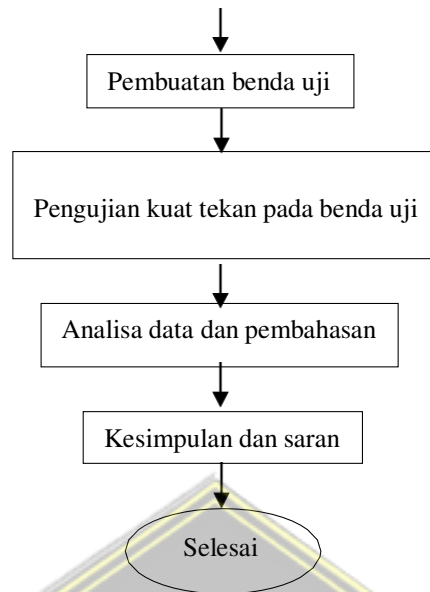


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

3.2. Metode Penelitian

Metode eksperimen laboratorium digunakan pada saat penelitian dilakukan di laboratorium dengan membuat contoh silinder beton berukuran 15 x 30 cm. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula, meliputi :

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pemeriksaan bahan, meliputi :
 - a. Agregat halus.
 - b. Semen.
 - c. *Foam agent*.
 - d. Air.
 - e. Aditif *retarder type D*
3. Perencanaan bahan mortar busa (*Mix Design*).
4. Pembuatan benda uji.
5. perawatan beton.
6. Pengujian kuat tekan.

3.3. Bahan

Bahan yang digunakan ialah sebagai berikut:

1. Semen

Menggunakan semen *Portland composite cement* tipe 1.



Gambar 3.2 Semen Gresik

2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir yang dipakai ialah Pasir ex Merapi.



Gambar 3.3 Pasir ex Merapi

3. Air

Menggunakan air bersih yang berada di laboratotium teknologi bahan konstruksi Unissula.



Gambar 3.4 Air

4. *Foam Agent*

Menggunakan *foam agent* jenis sintesis.



Gambar 3.5 *foam agent*

5. Bahan aditif

Bahan aditif yang digunakan adalah jenis *retarder type D*.



Gambar 3.6 Bahan aditif *retarder type D*

3.4. Peralatan

Alat – alat yang digunakan meliputi :

1. Timbangan

untuk menimbang jumlah berat dari agregat dan beton.



Gambar 3.7 Timbangan

2. Ayakan

Ayakan yang dipakai untuk menentukan gradasi agregat yang digunakan.



Gambar 3.8 Ayakan

3. Bor *Mixer*

Bor *Mixer* digunakan sebagai alat pembangkit *foam agent*.



Gambar 3.9 Bor *Mixer*

4. Gelas Ukur

dipakai guna mengetahui jumlah pada air dan *foam agent* guna pembuatan benda uji beton silinder.



Gambar 3.10 Gelas Ukur

5. Ember

Ember digunakan sebagai tempat pencampuran bahan.



Gambar 3.11 Ember

6. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat sehingga sesuai dengan ketentuan agregat yang diperlukan.



Gambar 3.12 Oven

7. Cetakan Beton Silinder

Setelah adukan beton baru dibuat, cetakan beton silinder digunakan sebagai tempat cetak.



Gambar 3.13 Cetakan Silinder Beton

8. Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk mengukur tekanan beton.



Gambar 3.14 Alat Penguji Beton

3.5. Tahap Penelitian

Mix Design adalah proses penentuan komposisi terbaik pada pembuatan beton busa untuk mencapai nilai kuat tekan fast track f_c' 20 dengan menentukan variabel tetap dan berubah.

1. Variabel tetap :

- a. *Foam agent*.
- b. semen.
- c. Air.
- d. Agregat
- e. Aditif *retarder type D*

2. Variabel berubah :

- a. Presentase nilai fast track pada pembukaan beton umur 4, 7, dan 28 hari.
- b. Jumlah *foam agent* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat tekan tertinggi tergantung pada variasi *mix design* dan komposisi yang berubah.

Benda uji pada masing-masing perlakuan sebanyak 21 buah ditempatkan pada benda uji yang bentuknya silinder berdiameter 15 cm serta tinggi 30 cm. Berikut tahapan pembuatannya :

1. Sediakan alat dan bahan untuk penelitian.
2. Masukkan semen dan pasir ke dalam wadah, lalu aduk material dalam kondisi kering.



Gambar 3.15 Proses Pencampuran Semen dan Pasir

3. Lalu, masukkan air, *foam agent*, dan aditif ke dalam wadah.



Gambar 3.16 Proses Pencampuran Air *Foam Agent* Dan Aditif

4. Aduk bahan *foam agent* dengan Bor *Mixer* sampai busa mengembang dengan sempurna.



Gambar 3.17 Proses Pengadukan Sampai Mengembang Sempurna

5. Masukkan *foam agent* / busa ke dalam wadah mortar lalu aduk dengan merata.



Gambar 3.18 Proses Pencampuran Mortar dan Busa Foam

6. Setelah analisis beton memenuhi persyaratan yang direncanakan maka pencetakan benda uji dapat dilakukan.



Gambar 3.19 Proses Pencetakan Benda Uji

7. Setelah beton busa berada di cetakan selama 24 jam, maka lepaskan dari cetakan.



Gambar 3.20 Pencopotan Benda Uji Silinder Setelah Dicetak

3.6. Metode Analisis

Penelitian ini pada dasarnya merupakan percobaan yang dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Semarang untuk menentukan kuat tekan beton busa dengan kuat tekan rencana $f_c'20$ MPa. Proses pengujian untuk penelitian ini dimulai dengan:

1. Tahap pertama (persiapan)

Pada tahap ini, bahan-bahan disiapkan atau dibeli dahulu. Selama fase ini, pengumpulan data sekunder yang diperlukan juga dilakukan dan izin laboratorium diperoleh.

2. Tahap kedua (pengujian materi)

Pengujian material pada tahap ini dilakukan dengan pemeriksaan sifat-sifat agregat halus, meliputi pemeriksaan gradasi agregat halus dan kadar air agregat halus.

3. Tahap ketiga (pembuatan benda uji)

Tahap ini terutama menyelesaikan tugas-tugas berikut:

- a. Tentukan desain campuran untuk operasi mortar busa.
- b. Pembuatan campuran/campuran mortar busa.
- c. Tes aliran terukur
- d. Cetakan silinder dilumasi sebelum digunakan untuk mencetak spesimen mortar busa sehingga spesimen yang mengeras dapat dengan mudah dikeluarkan dari cetakan.

4. Fase 4 (Uji)

Pada tahap ini dilakukan uji kuat tekan mandiri setelah 4, 7, dan 28 hari berturut-turut. Uji kuat tekan bebas (UCS) mortar busa mengacu pada SNI 3638:2012. Prosedur untuk uji kuat tekan independen adalah sebagai berikut:

- a. Sehari sebelum pengujian UCS, sampel yang telah mencapai waktu perendaman yang diperlukan dikeluarkan dari perendaman.
- b. Timbang sampel untuk mendapatkan berat sampel sebelum uji UCS.
- c. Tempatkan sampel di tengah pelat dasar mesin UCS. Alat UCS bergerak perlahan sampai pelat atas menyentuh benda uji. Beban, deformasi dan waktu dicatat pada interval yang sesuai untuk memperoleh bentuk kurva.

5. Tahap kelima (analisis data)

Pada tahap ini, hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan hubungan antar variabel yang ingin dipahami dalam penelitian Anda.

6. Tahap ketujuh (analisis data)

Hasil dari tahap pengujian ini dianalisis untuk mendapatkan hubungan antar variabel yang ingin dipahami oleh penelitian ini.



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Material

Pada tahap awal penelitian sebelum bahan digunakan, dilakukan uji kinerja bahan untuk menjamin bahwa bahan yang dipakai sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi yang sudah ditetapkan dan untuk mengetahui sifat fisik bahan.

Pemeriksaan agregat meliputi pemeriksaan kadar air, analisis saringan dan kandungan lumpur, dengan pemeriksaan agregat yang dilakukan dapat mengetahui tahap uji bahan material.

Hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mengutip beberapa jurnal yang dikumpulkan sebagai bahan referensi untuk melakukan penelitian, karena tidak ada spesifikasi SNI atau ASTM untuk persyaratan pembuatan mortar busa untuk perkerasan jalan. Oleh karena itu, tahap pelaksanaan maupun alat dan bahan yang dipakai banyak mengacu pada jurnal-jurnal mengenai foam mortar pada penelitian-penelitian sebelumnya.

4.1.1. Agregat Halus

1. Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air pada agregat halus digunakan untuk komposisi pembuatan mortar busa.

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

Tabel 4. 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)
I	45	500	495
II	45	500	495

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan menggunakan dua sample percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat halus seberat 500 gram. Pemeriksaan kadar air dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

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

Keterangan :
a = Bobot cawan
b = Bobot cawan ditambah agregat awal dioven
c = Berat cawan ditambah agregat selesai dioven

Perhitungan di bawah ini menunjukkan perhitungan pemeriksaan kadar air agregat halus.

Percobaan I =

- Bobot cawan (a) = 45 g
- Bobot cawan ditambah agregat awal dioven (b) = 500 g
- Berat cawan ditambah agregat selesai dioven (c) = 495 g
- Kadar air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{500-495}{495-45} \times 100\%$
 $= 1,1 \%$

Percobaan II =

- Bobot cawan (a) = 45 g
- Bobot cawan ditambah agregat awal dioven (b) = 500 g
- Berat cawan ditambah agregat selesai dioven (c) = 495 g
- Kadar air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{500-495}{495-45} \times 100\%$
 $= 1,1 \%$

Rata-rata kadar air =

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

Hasil dari pemeriksaan kadar air agregat halus disajikan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	45	500	495	1,1	1,1
II	45	500	495	1,1	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel diatas menunjukkan bahwa kadar air rata-rata dari agregat halus yang akan dipakai pada penelitian yaitu sebesar 1,1 %. Berdasarkan persyaratan kadar air yang digunakan untuk agregat halus adalah 0,2 % - 4,00 % dengan demikian penggunaan agregat halus telah memenuhi standaryang telahditetapkan.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode endapan. Data pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (V1)	Volume Lumpur (V2)
I	440 ml	10 ml
II	440 ml	10 ml

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan percobaan I sebesar 500 ml dan percobaan II sebesar 500 ml. Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan rumus berikut:

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

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

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

Percobaan I =

– V1 = 440 ml

– V2 = 10 ml

– Kadar lumpur = $\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$
 $= \frac{10}{440 + 10} \times 100\%$
 $= 2,2 \%$

Percobaan II

– V1 = 440 ml

– V2 = 10 ml

– Kadar lumpur = $\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$
 $= \frac{10}{440 + 10} \times 100\%$
 $= 2,2 \%$

• Kadar lumpur rata-rata

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

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

$$= 2,2 \%$$

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

Tabel 4. 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (V1) ml	Volume Lumpur (V2) ml	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata (%)
I	440	10	2,2	2,2 %
II	440	10	2,2	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan menunjukan kadar lumpur agregat halus yang digunakan sebesar 2,2 % pada masing- masing percobaan.

3. Pemeriksaan Saringan Agregat halus

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

Tabel 4. 5. Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Halus

No	Ukuran Saringan (mm)	Berat cawan (g)	Berat cawan + agregat (g)	Berat agregat (g)
1	9,5	45	45	0
2	4,75	45	60	15
3	2,36	45	140	95
4	2	45	115	70

(Bersambung)

5	0,6	45	505	460
6	0,15	45	325	280
7	0,075	45	80	35
8	Pan	45	45	0
Jumlah				955

(Sumber : Hasil Penelitian)

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

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan :
a = Berat agregat semula
b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 gr

Berat agregat setelah disaring = 955 gr

$$\begin{aligned} \text{Berat kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% / \\ &= \frac{1000-950}{1000} \times 100\% / \\ &= 4,5 \% \end{aligned}$$

$$\text{a. Prosentase agregat tertinggal} = \frac{c}{\sum c} \times 100 \%$$

$$1. \text{ Tertahan komulatif } \phi 9,5 = \frac{0}{955} \times 100 \% = 0 \%$$

$$2. \text{ Tertahan komulatif } \phi 4,75 = \frac{15}{955} \times 100 \% = 1,57 \%$$

$$3. \text{ Tertahan komulatif } \phi 2,36 = \frac{95}{955} \times 100 \% = 9,95 \%$$

$$4. \text{ Tertahan komulatif } \phi 2 = \frac{70}{955} \times 100 \% = 7,33 \%$$

$$5. \text{ Tertahan komulatif } \phi 0,6 = \frac{460}{955} \times 100 \% = 48,17 \%$$

$$6. \text{ Tertahan komulatif } \phi 0,15 = \frac{280}{955} \times 100 \% = 29,32 \%$$

$$7. \text{ Tertahan komulatif } \phi 0,075 = \frac{35}{955} \times 100 \% = 3,66 \%$$

b. Komulatif agregat tertinggal

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

c. Presentase Finer (f) = $100 \% - \text{komulatif agregat tertinggal}$

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

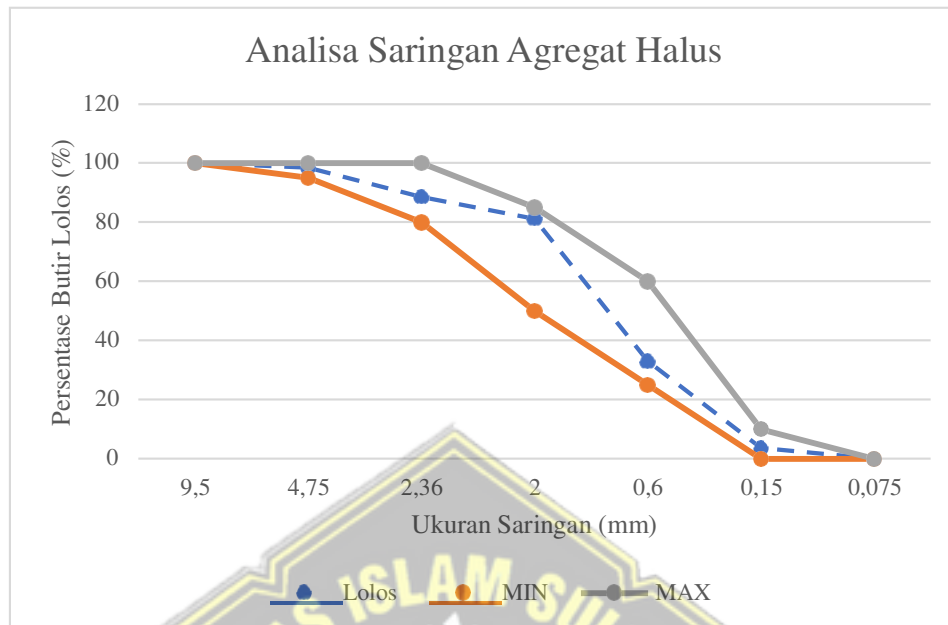
Hasil saringan agregat halus yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6. di bawah ini.

Tabel 4. 6. Hasil saringan Agregat Halus

No	Ukuran saringan (mm)	Berat agregat (g)	Presentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	Presentase finer (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1	9,5	0	0	0	100	100	100
2	4,75	15	1,57	1,57	98,43	95	100
3	2,36	95	9,95	11,52	88,48	80	100
4	2	70	7,33	18,85	81,15	50	85
5	0,6	460	48,15	67,02	32,98	25	60
6	0,15	280	29,32	96,34	3,66	0	10
7	0,075	35	3,66	100	0	-	-
Jumlah		955	99,98	295,3	404,7	-	-

(Sumber : Hasil Penelitian)

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



Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan grafik analisa saringan agregat halus di atas, agregat halus yang digunakan sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan, yaitu tidak melebihi batas maksimal dan tidak kurang dari batas minimal.

4.2. Komposisi Material Beton

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

Tabel 4.7 Komposisi Material Beton Normal

Material	Jumlah per m3
Semen (kg/m3)	325 kg
Air (kg/m3)	163 kg
Pasir (kg/m3)	798 kg
Kerikil (kg/m3)	1179 kg

(Sumber : Data Perencanaan)

Tabel 4.8 Presentase Komposisi Material Beton Normal per 1 m³

Material	Jumlah per 1 m ³ (kg)	Jumlah per 1 m ³ (%)
Semen	325 kg	13,18 %
Air	163 kg	6,61 %
Agregat Halus	798 kg	32,35 %
Agregat Kasar	1179 kg	47,84 %
Total	2.465 kg	100 %

(Sumber : Data Perencanaan)

Tabel 4.9 Komposisi Material Mortar Busa dengan zat adiktif

Material	Jumlah per m ³
Semen (kg/m ³)	350 kg
Air (kg/m ³)	216 kg
Pasir (kg/m ³)	1100 kg
<i>Foam Agent</i>	0,40% ; 0,60%
<i>Retarder type D</i>	0,40%

(Sumber : Data Perencanaan)

Tabel 4.10 Presentase Komposisi Material Mortar Busa per 1 m³ variasi 1 (satu)

Material	Jumlah per 1 m ³	Jumlah per 1 m ³
Semen	350 kg	20,97 %
Air	160 kg	9,6 %
Agregat Halus	1200 kg	65,91 %
<i>Foam Agen : Air</i>	1,4 kg : 56 ltr	0,08 % : 3,35 %
<i>Retarder</i>	1,4 kg	0,08 %
Total	1668,8 kg	100 %

(Sumber : Data Perencanaan)

Tabel 4.11 Presentase Komposisi Material Campuran per 1 m³ variasi 2 (dua)

Material	Jumlah per 1 m ³ (kg)	Jumlah per 1 m ³ (%)
Semen	350 kg	20,97 %
Air	132 kg	7,9 %
Agregat Halus	1100 kg	65,88 %
<i>Foam Agent</i> : Air	2,1 kg :84 ltr	0,12 % : 5,03 %
<i>Retarder</i>	1,4 kg	0,08 %
Total	1668,85 kg	100 %

(Sumber : Data Perencanaan)

Pada tabel diatas menunjukan presentase komposisi setiap variasi yang digunakan dalam campuran beton per 1 m³. Pada perhitungan berat *Foam agent* dan *Retarder type D* didapat dari hasil kali kadar zat aditif yang digunakan dengan berat semen per 1 m³.

Tabel 4.12. Komposisi Material Mortar Busa dengan zat aditif per 0,02 m³

Material								
No	FA	<i>Retarder</i>	Semen (Kg)	FA (Ml)	<i>Retarder</i> (Ml)	Pasir (Kg)	Air (L)	Air FA (L)
1	0,40%	0,40%	7	28	28	22	3,2	1,1
2	0,60%	0,40%	7	42	28	22	2,6	1,6

(Sumber : Data Perencanaan)

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

$$\text{Foam Agent} = \frac{\text{kadar foam agent}}{100} \times \text{Berat semen yang dipakai} \times 1000..(4.11)$$

$$\text{Retarder} = \frac{\text{kadar retarder}}{100} \times \text{Berat semen yang dipakai} \times 1000..... (4.12)$$

Dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Foam Agent} = \frac{0,6}{100} \times 7 \times 1000$$

$$= 42 \text{ ml}$$

$$\text{Retarder} = \frac{0,4}{100} \times 7 \times 1000$$

$$= 28 \text{ ml}$$

4.3. Job Mix Design

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan memodifikasi kadar *foam agent* dan *retarder type D*. Berikut job mixed design kebutuhan material yang diperlukan dalam 0,02 m³

Tabel 4.13 Job Mixed Design

Material											
No	FA	Retarder	Semen (kg)	FA (ml)	Retarder (ml)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Air Mortar (1) (l)	Air FA (2) (l)	Total Air (1+2) (l)	F.A.S
1	0,00%	0,00%	6,5	0	0	23,5	15,9	3,2	0	3,2	0,5
2	0,40%	0,40%	7	28	28	0	22	3,2	1,1	4,2	0,4
1	0,60%	0,40%	7	42	28	0	22	2,6	1,6	4,2	0,4

(Sumber : Data Perencanaan)

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa berat total bahan pembentuk dalam 0,02 m³ mortar busa atau setara dengan 3 sampel benda uji, dengan rincian untuk kombinasi FA 40% yaitu berat semen 7 kg, *Foam Agent* 28 ml, Pasir 22 kg, air mortar 3,2 liter, air FA 1,1 liter, untuk kombinasi 60% yaitu air mortar 2,6 liter, *foam agent* 42 ml. Apabila di bandingkan terhadap penggunaan semen maka perbandingan adalah 1 semen : 3,14 pasir : 0,4 air : 0,04 *foam agent*

4.4. Kuat Tekan Beton Normal

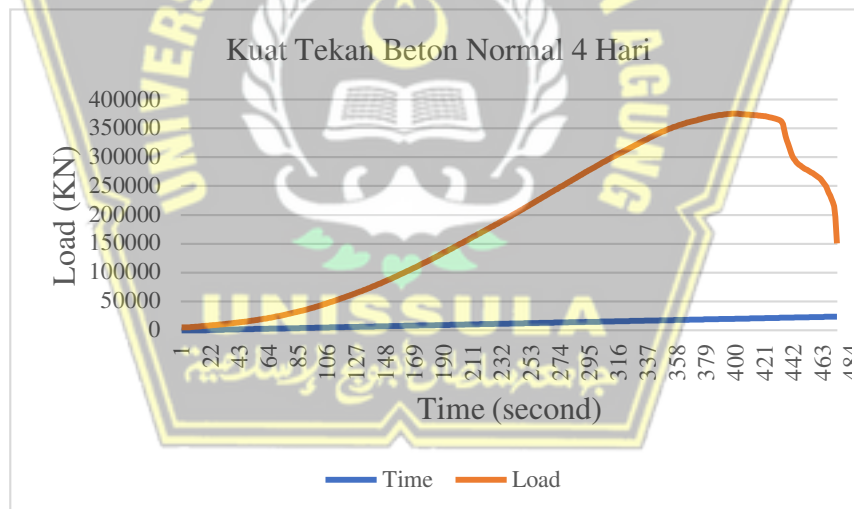
Data hasil pengujian kuat tekan beton normal dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Beton Normal

Sampel	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	1-Jun-23	5-Jun-23	4	12,35	376,711	21,318	217,3824
2	1-Jun-23	8-Jun-23	7	12,45	389,76	22,056	224,9079
3	1-Jun-23	29-Jun-23	28	12,56	428,398	24,242	247,1988
Rata - rata				12,45333	398,2897	22,53867	229,8297

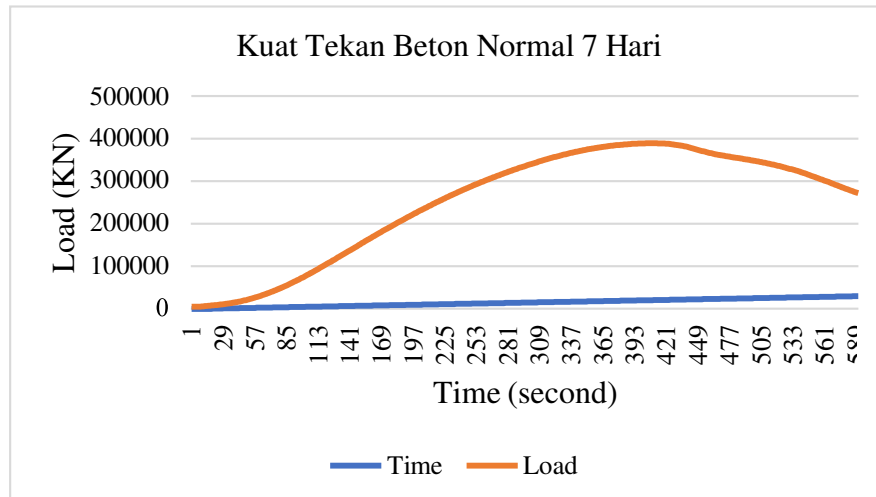
(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4.14 di atas menunjukkan nilai kuat tekan beton normal f_c 20 dengan pengujian kuat tekan yang menyesuaikan umur pengujian pada beton yaitu pada umur beton 4, 7, dan 28 hari. Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



Gambar 4.2 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 4 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal saat umur beton 7 hari adalah 21,318 MPa setara dengan 217,3824 kg/cm² atau 376,711 kN.



Gambar 4.3 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal saat umur beton 7hari adalah 22,056 MPa setara dengan 224,9079 kg/cm² atau 389,76 kN



Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal saat umur beton 28 hari adalah 24,242 MPa setara dengan 247,1988 kg/cm² atau 428,398 kN

4.5. Kuat Tekan *Fast Track* 4 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan mortar busa umur 4 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 4 Hari Komposisi 1
(0,40% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,44	93,166	5,272	53,75927
2	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,46	103,192	5,839	59,54104
3	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,34	80,823	4,574	46,64167
Rata-Rata				9,413333	92,39367	5,228333	53,31399

(Sumber : Hasil Penelitian)

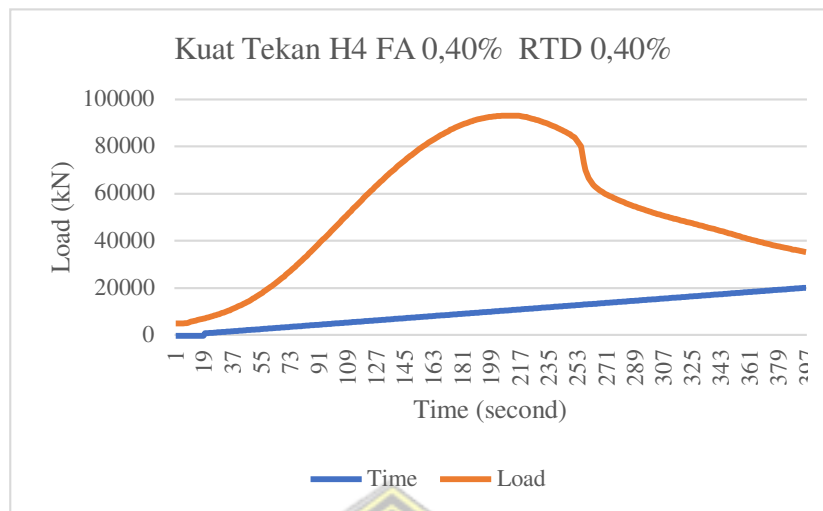
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 4 Hari Komposisi 2
(0,60% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,42	102,53	5,802	59,16375
2	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,36	92,457	5,232	53,35138
3	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,44	106,455	6,024	61,42751
Rata-Rata				9,406667	100,4807	5,686	57,98088

(Sumber : Hasil Penelitian)

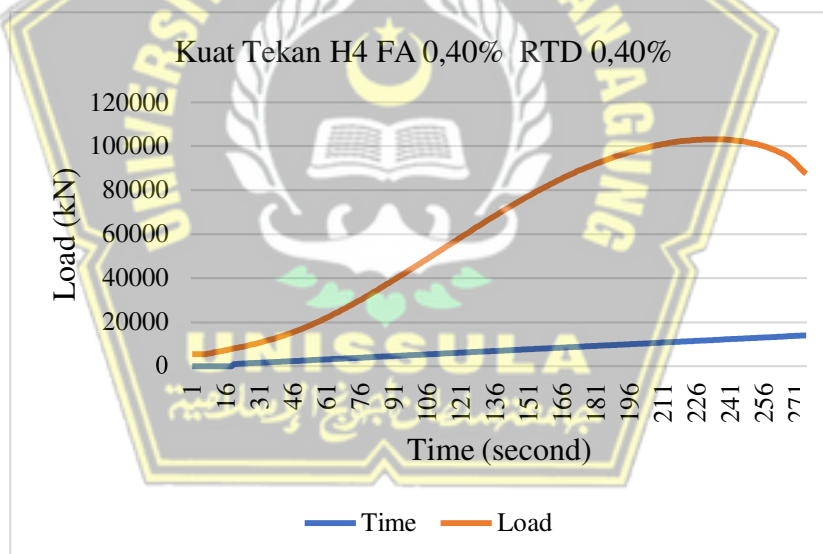
Tabel 4.15. dan tabel 4.16 menunjukkan hasil pengujian mortar busa pada saat *fast track* dengan umur 4 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 6 buah dengan perbedaan variasi campuran zat aditif berupa *Retarder type D* dan *Foam Agent* masing-masing variasi campuran adalah FA 0,40% RTD 0,40% (komposisi 1) ; FA 0,60% RTD 0,40% (komposisi 2).

Nilai uji kuat tekan maksimal pada mortar busa *fast track* 4 hari didapat dengan nilai 61,42751 kg/cm² pada sampel komposisi 2 dan nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada mortar busa *fast track* 4 hari didapat dengan nilai 46,64167 kg/cm² pada komposisi 1 . Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



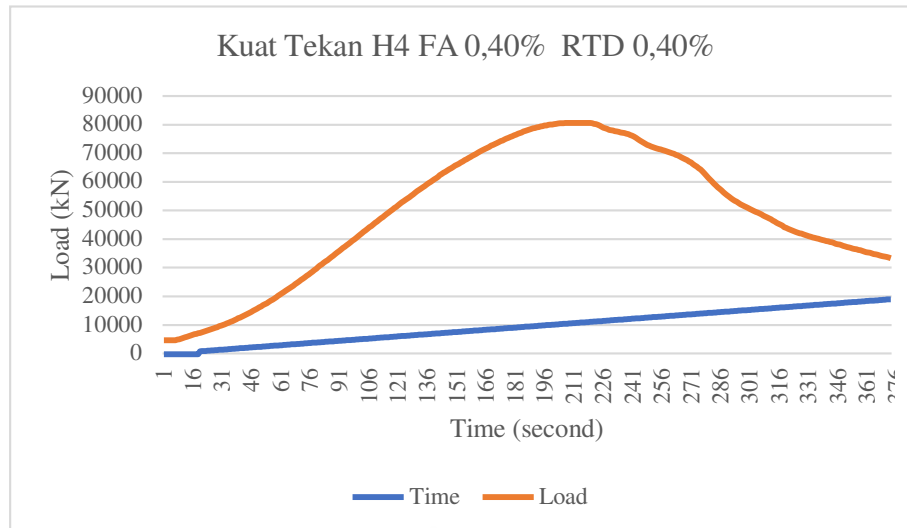
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 5,272 MPa setara dengan 53,7592 kg/cm² atau 93,166 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



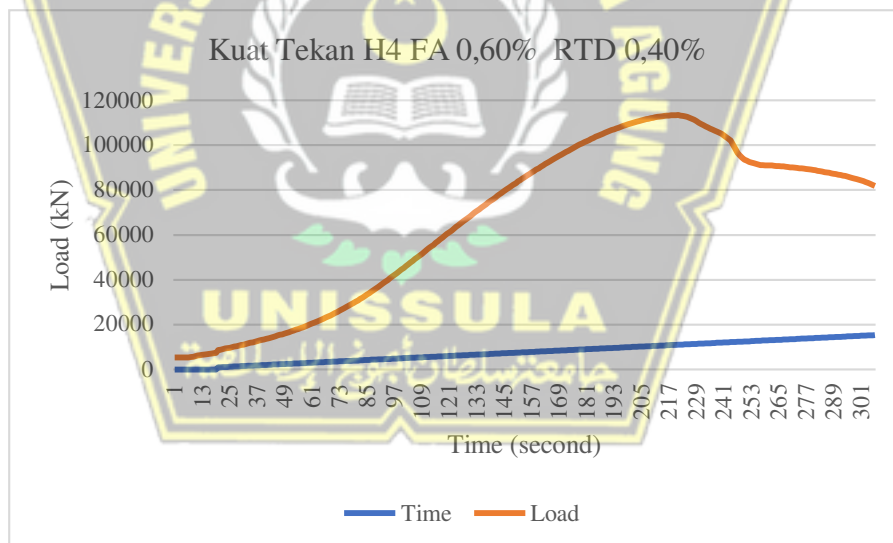
Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 5,839 MPa setara dengan 59,54104 kg/cm² atau 103,192 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



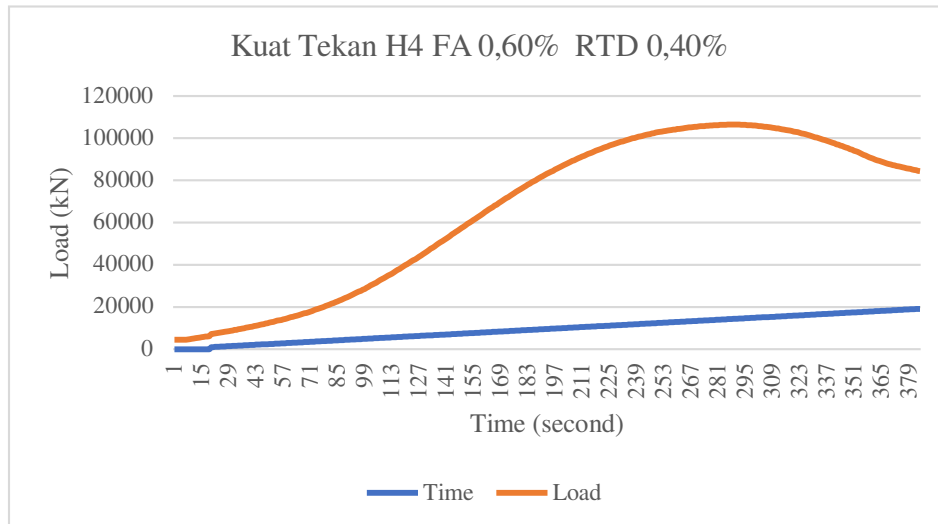
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H4 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 4,574 MPa setara dengan 46,64167 kg/cm² atau 80,823 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



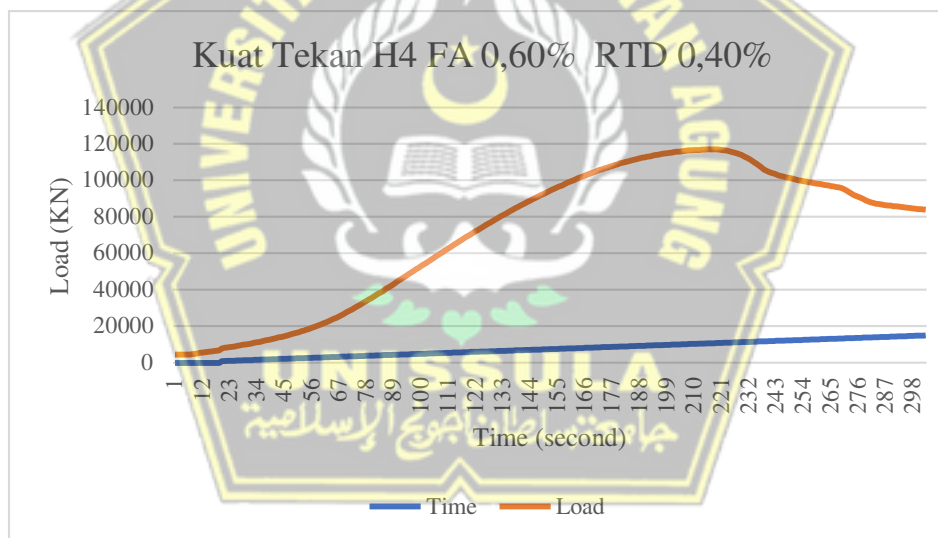
Gambar 4.8 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 5,802 MPa setara dengan 59,16375 kg/cm² atau 102,53 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 5,232 MPa setara dengan 53,35138 kg/cm² atau 92,457 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.10 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H4 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 4 hari adalah 6,024 MPa setara dengan 61,42751 kg/cm² atau 106,455 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.

4.6. Kuat Tekan *Fast Track* 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan mortar busa umur 7 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 7 Hari komposisi 1
(0,40% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,48	91,747	5,192	52,9435
2	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,46	102,908	5,823	59,37789
3	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,11	126,46	7,156	72,97066
Rata-Rata				9,35	107,0383	6,057	61,76402

(Sumber : Hasil Penelitian)

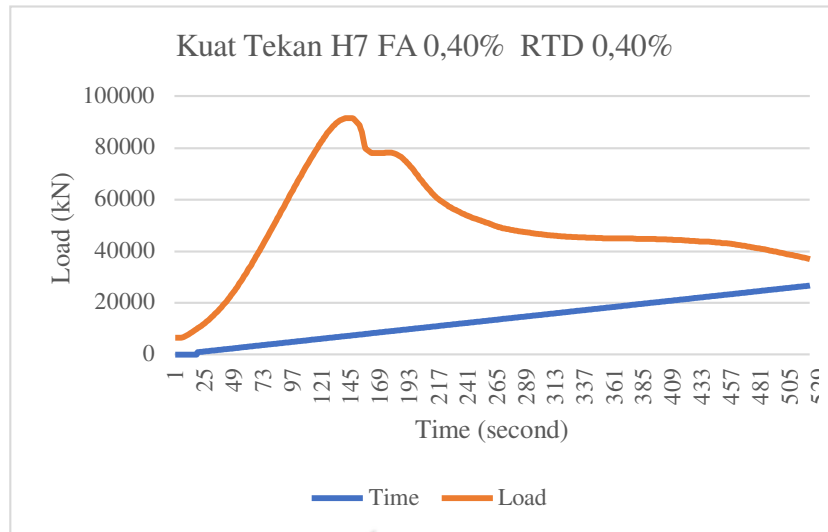
Tabel 4.18. Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 7 Hari komposisi 2
(0,60% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,7	93,923	5,315	54,19775
2	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,76	148,782	8,419	85,84964
3	09-Jun-23	16-Jun-23	7	10,1	181,792	10,287	104,8979
Rata-Rata				9,853333	141,499	8,007	81,64842

(Sumber : Hasil Penelitian)

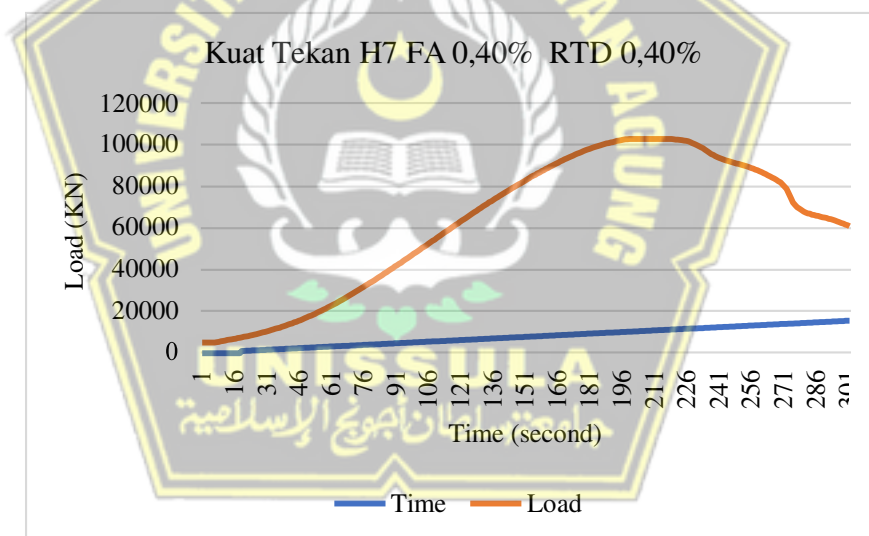
Tabel 4.17 dan tabel 4.18 menunjukkan hasil pengujian mortar busa pada saat *fast track* dengan umur 7 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 6 buah dengan perbedaan variasi campuran zat aditif berupa *Retarder type D* dan *Foam Agent* masing-masing variasi campuran adalah FA 0,40% RTD 0,40% (komposisi 1) ; FA 0,60% RTD 0,40% (komposisi 2).

Nilai uji kuat tekan maksimal pada mortar busa *fast track* 7 hari didapat dengan nilai 104,8979 kg/cm² pada sampel komposisi 2 dan nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada mortar busa *fast track* 7 hari didapat dengan nilai 52,9435 kg/cm² pada komposisi 1 . Di bawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



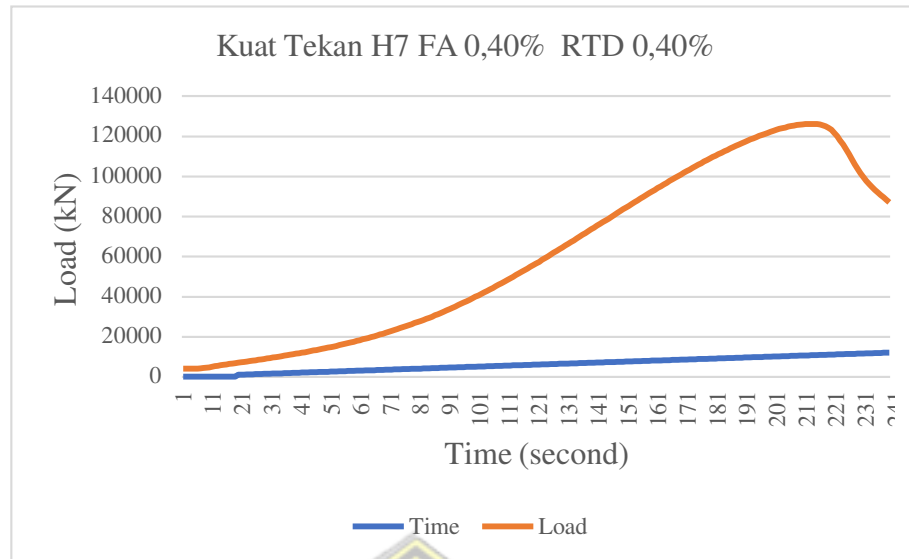
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 5,192 MPa setara dengan 52,9435 kg/cm² atau 91,747 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



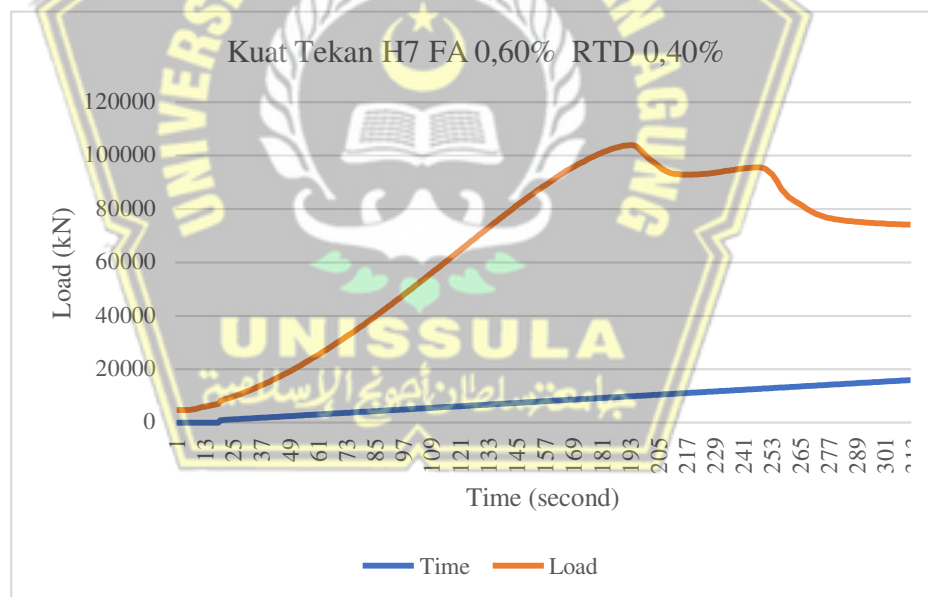
Gambar 4.12 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 5,823 MPa setara dengan 59,37789 kg/cm² atau 102,908 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



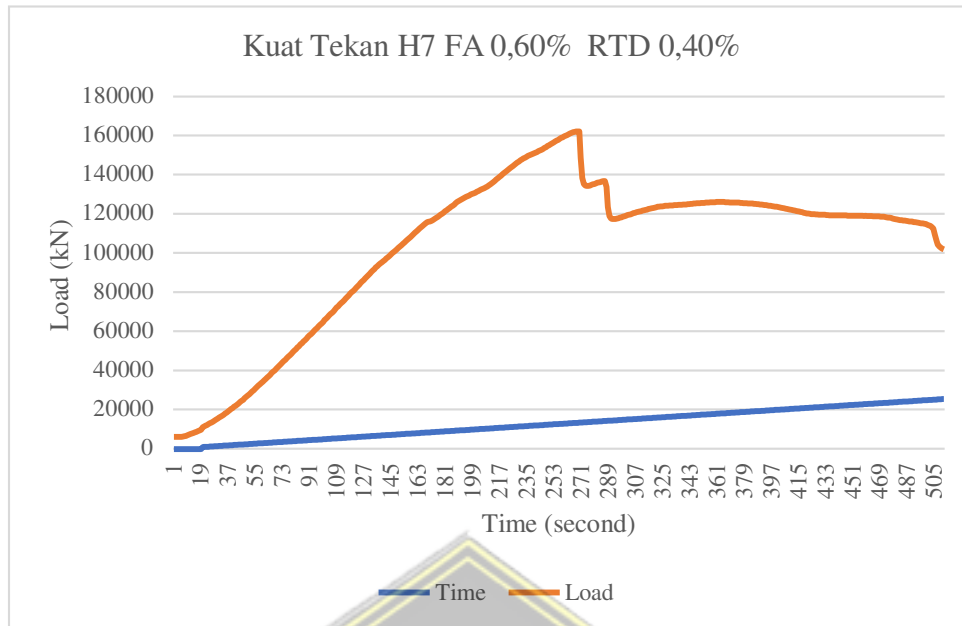
Gambar 4.13 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H7 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 7,156 MPa setara dengan 72,97066 kg/cm² atau 126,46 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



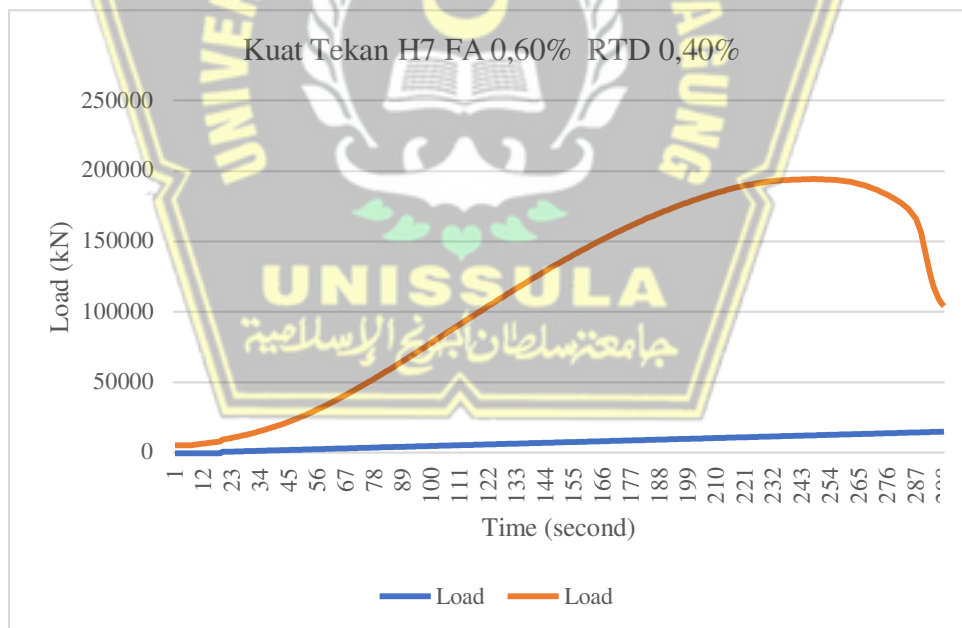
Gambar 4.14 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 5,315 MPa setara dengan 54,54,19775 kg/cm² atau 93,923 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.15 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 8,419 MPa setara dengan 85,84964 kg/cm² 148,782 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.16 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H7 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 7 hari adalah 10,287 MPa setara dengan 104,8979 kg/cm² atau 181,792 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.

4.7. Kuat Tekan *Fast Track* 28 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan mortar busa umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 28 Hari komposisi 1 (0,40% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31-Mei-23	01-Jul-23	28	8,86	98,368	5,567	56,76742
2	31-Mei-23	01-Jul-23	28	9	128,257	7,258	74,01077
3	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,36	119,035	6,736	68,68787
Rata-Rata				9,406667	115,22	6,520333	66,48869

(Sumber : Hasil Penelitian)

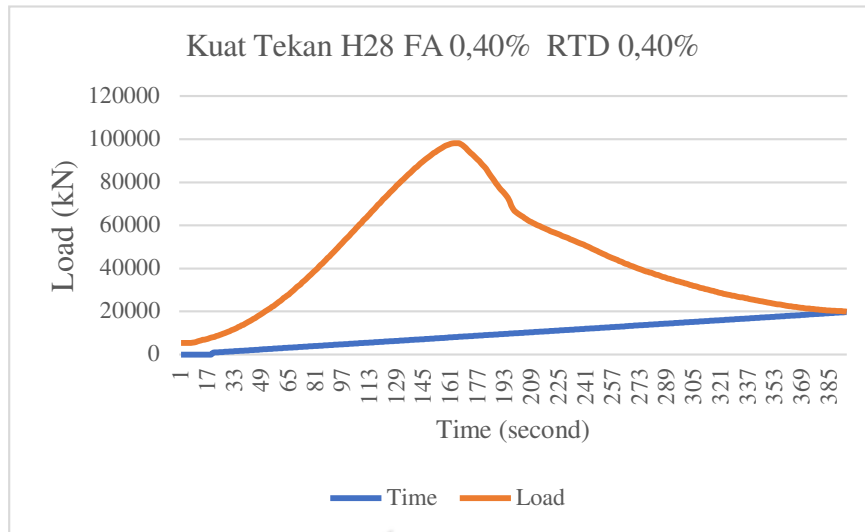
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Mortar Busa Umur 28 Hari komposisi 1 (0,60% FA dan 0,40% RTD)

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,44	229,854	13,007	132,6341
2	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,52	280,198	15,85	161,6245
3	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,36	122,961	6,958	70,95163
Rata-Rata				10,44	211,0043	11,93833	121,7367

(Sumber : Hasil Penelitian)

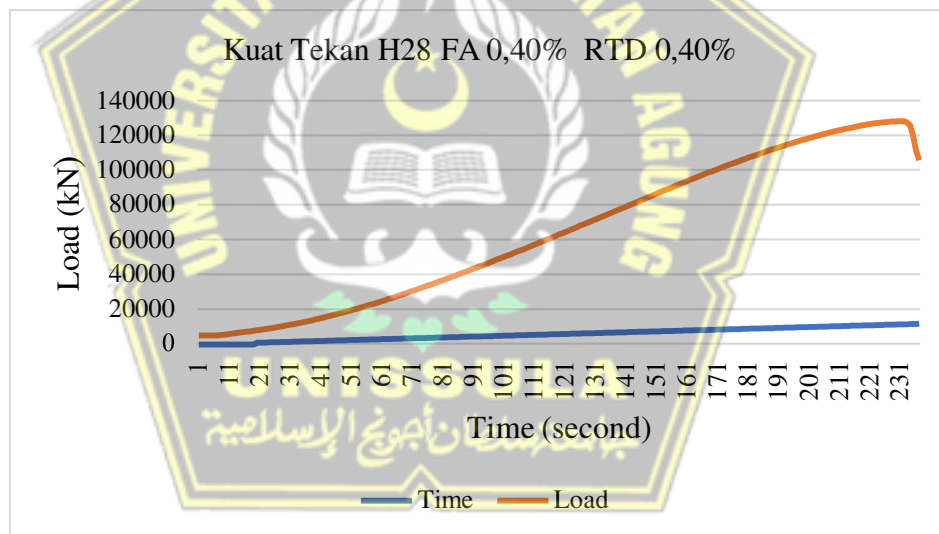
Tabel 4.19 dan tabel 4.20 menunjukkan pengujian mortar busa saat *fast track* dengan umur 28 hari. Jumlah sampel benda uji sebanyak 6 buah dengan perbedaan variasi campuran zat aditif berupa *Retarder type D* dan *foam agent* masing-masing variasi campuran adalah FA 0,40% RTD 0,40% (komposisi 1) ; FA 0,60% RTD 0,40% (komposisi 2).

Nilai uji kuat tekan maksimal pada mortar busa *fast track* 28 hari didapat dengan nilai 161,6245 kg/cm² pada sampel komposisi 2 dan nilai minimum dari hasil pengujian kuat tekan pada mortar busa *fast track* 28 hari didapat dengan nilai 56,76742 kg/cm² pada komposisi 1 . Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



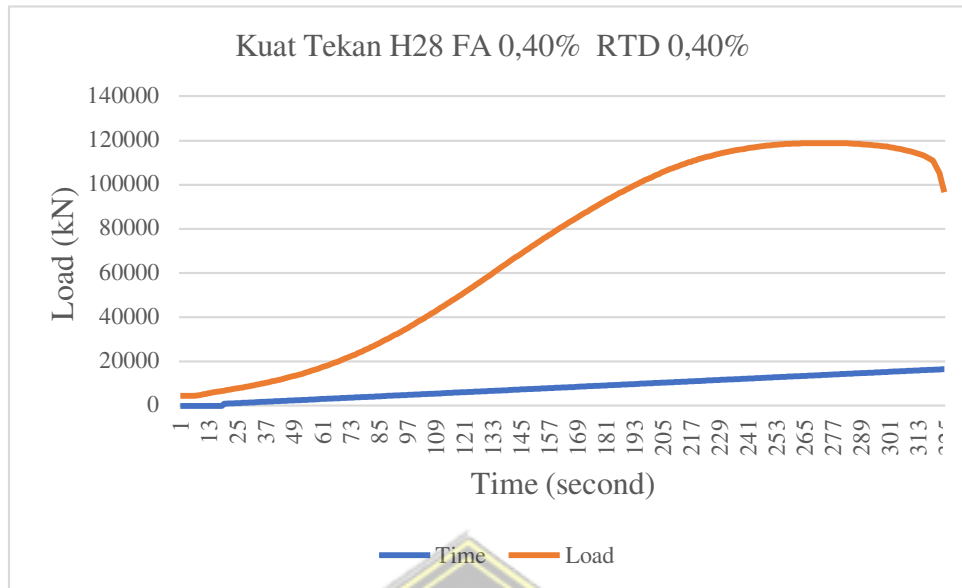
Gambar 4.17 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 5,567 MPa setara dengan 56,76742 kg/cm² atau 98,368 kN, dengan variasi penambahan FA 0,40% RTD 0,40%.



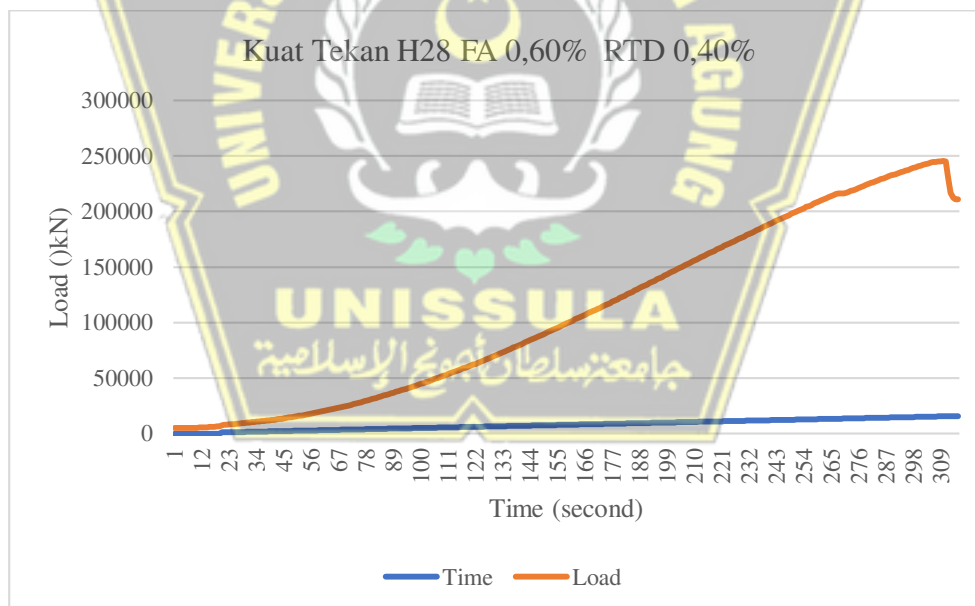
Gambar 4.18 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 7,258 MPa setara dengan 74,01077 kg/cm² atau 128,257 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



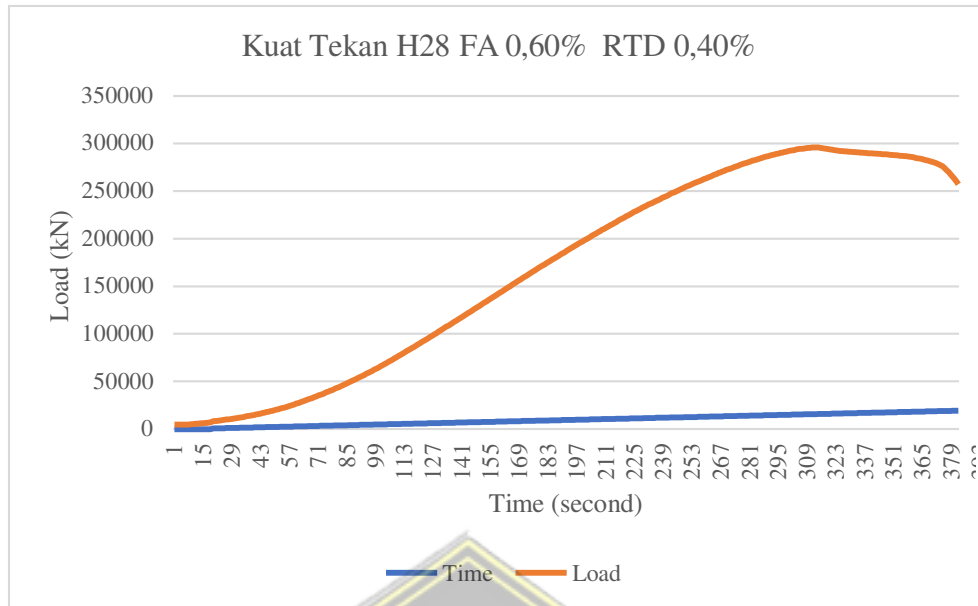
Gambar 4.19 Grafik Kuat Tekan FA 0,40% RTD 0,40% H28 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 6,736 MPa setara dengan $68,68787 \text{ kg/cm}^2$ atau 119,035 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,40% RTD 0,40%.



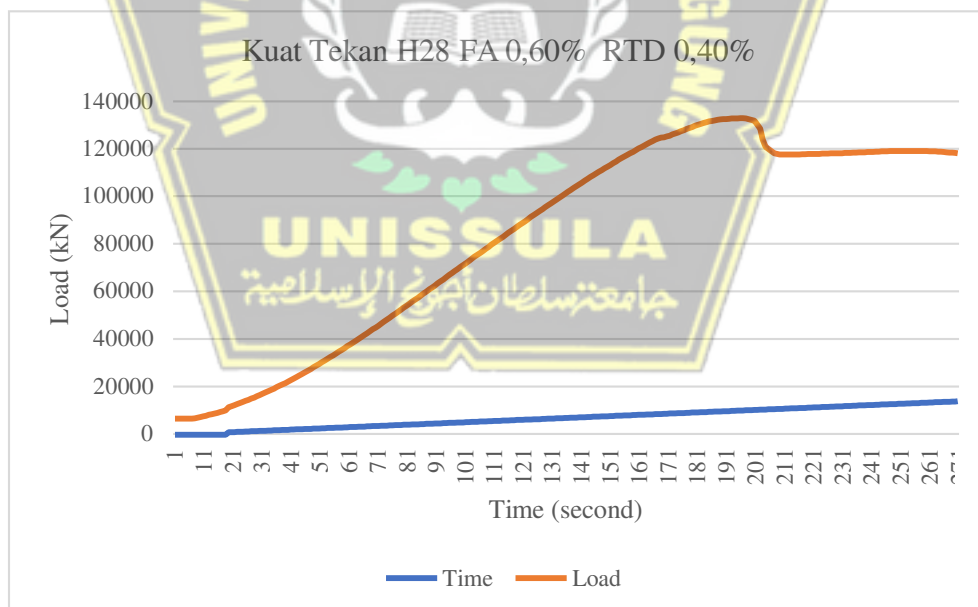
Gambar 4.20 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (1)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 13,007 MPa setara dengan $132,6341 \text{ kg/cm}^2$ atau 229,854 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.21 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (2)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 15,85 MPa setara dengan 161,6245 kg/cm² atau 280,198 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.



Gambar 4.22 Grafik Kuat Tekan FA 0,60% RTD 0,40% H28 (3)

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan saat umur beton 28 hari adalah 6,958 MPa setara dengan 70,95163 kg/cm² atau 122,961 kN, dengan variasi penambahan zat adiktif sebesar FA 0,60% RTD 0,40%.

4.8. Hasil Uji Slump flow

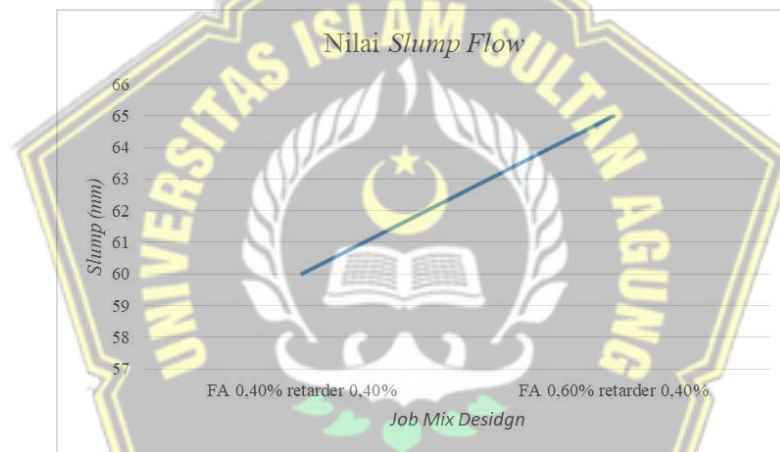
Pengujian slump dilakukan pada sampel mortar busa. Nilai *slump flow* mortar busa dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.21. Hasil *Slump flow*

Sampel		Slump
FA	Retarder	mm
0,40%	0,40%	600
0,60%	0,40%	650

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai slump pada komposisi 1 dan 2 masuk dalam *range* yang disyaratkan ASTM C1611/1611M-14. Pada pengujian slump semakin besar nilai yang didapatkan menunjukkan bahwa beton segar memiliki *flowability* dan *passing ability* yang baik tanpa terjadinya *blocking*.



Gambar 4.23 Grafik hasil uji slump flow

Gambar 4.23 menunjukkan hasil uji *slump flow* mortar busa. Terjadi variasi nilai slump pada perubahan presentase *foam agent*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan nilai presentase perbandingan foam agent dan air yang digunakan pada masing-masing konsentrasi tersebut yaitu sebesar 1:40. komposisi *foam agent* 0,40% dan *retarder* 0,40% memerlukan *foam agent* sebanyak 28 ml dan air *foam agent* sebanyak 1,1 liter. Sedangkan pada komposisi foam agent 0,60% dan retarder 0,40% memerlukan *foam agent* sebanyak 42 ml dan air *foam agent* sebanyak 1,6 liter. Sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan presentase *foam agent* dapat mempengaruhi hasil nilai slump ,semakin banyak presentase *foam agent* maka nilai *slump flow* yang lebih lebar.

4.9. Kuat Tekan Rata-Rata

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka peneliti mendapatkan data hasil kuat tekan rata-rata beton normal dan mortar busa sebagai berikut :

4.9.1 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka peneliti mendapatkan data hasil rata-rata kuat tekan beton normal umur 4,7, dan 28 hari pada tabel berikut :

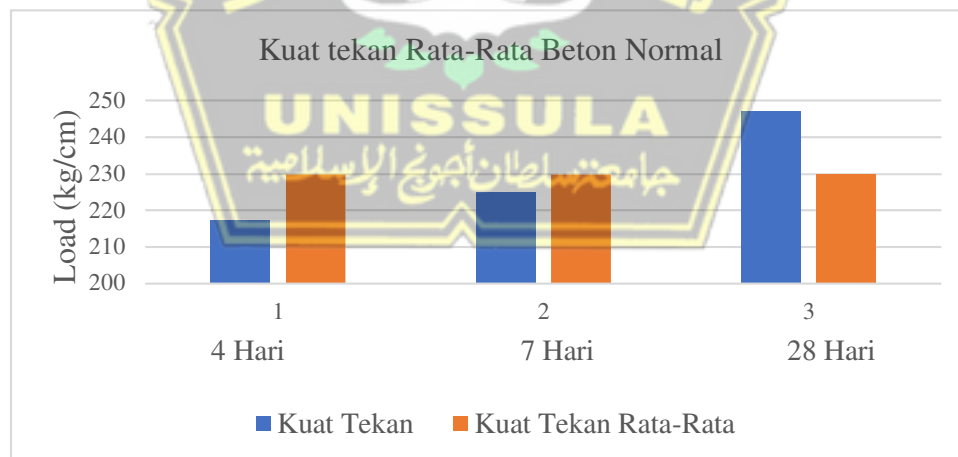
Tabel 4.22. Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal

Sampel	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	1-Jun-23	5-Jun-23	4	12,35	376,711	21,318	217,3824
2	1-Jun-23	8-Jun-23	7	12,45	389,76	22,056	224,9079
3	1-Jun-23	29-Jul-23	28	12,56	428,398	24,242	247,1988
Rata - rata				12,45333	398,2897	22,53867	229,8297

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada tabel 4.22 diperoleh hasil nilai rata-rata kuat tekan beton umur 7, 14, dan 28 hari adalah 229,8297 kg/cm².

Data kuat tekan rata-rata beton normal dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.24 Grafik kuat tekan rata-rata 4 hari

Gambar 4.24 menunjukkan hasil kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 4,7, dan 28

4.9.2 Kuat Tekan Rata-Rata 4 Hari

Tabel 4.23 Kuat Tekan Rata-rata Mortar Busa Umur 4 Hari

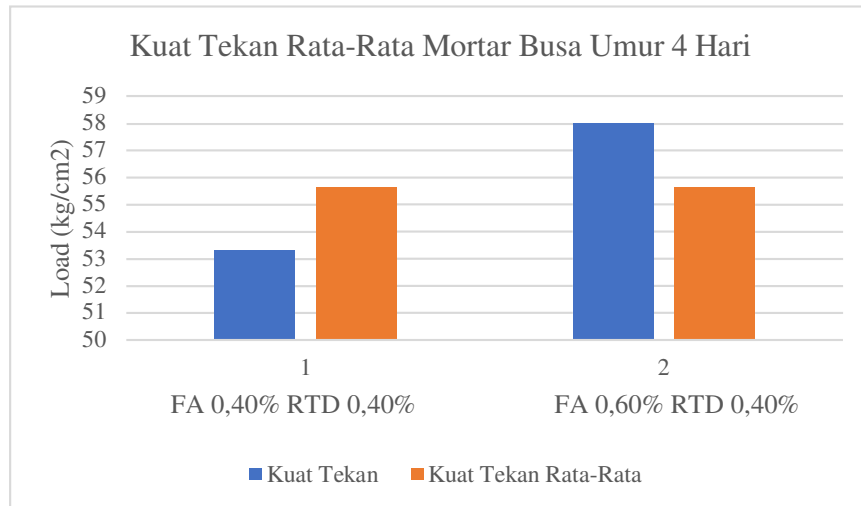
Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,44	93,166	5,272	53,75927
2	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,46	103,192	5,839	59,54104
3	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,34	80,823	4,574	46,64167
Rata-Rata				9,413333	92,39367	5,228333	53,31399

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,42	102,53	5,802	59,16375
2	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,36	92,457	5,232	53,35138
3	06-Jun-23	10-Jun-23	4	9,44	106,455	6,024	61,42751
Rata-Rata				9,406667	100,4807	5,686	57,98088
Rata- Rata Komposisi 1 dan Komposisi 2							55,64744

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada tabel 4.23 24 menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan mortar busa saat umur 7 hari, jumlah sampel yang diuji yaitu 6, diperoleh rata-rata kuat tekan komposisi 1 yaitu 53,31399 kg/cm² dan rata-rata kuat tekan komposisi 2 yaitu 57,64744 kg/cm², dan rata-rata kuat tekan pada kedua sampel yaitu 55,64744 kg/cm².

Data rata-rata kuat tekan mortar busa umur 4 hari dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.25 Grafik kuat tekan rata-rata 4 hari

Gambar 4.25 menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan mortar busa *fast track* 4 hari, maka dapat diketahui rata-rata kuat tekan pada komposisi kedua lebih besar daripada rata-rata kuat tekan komposisi pertama.

4.9.3 Kuat Tekan Rata-Rata 7 Hari

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka peneliti mendapatkan data hasil kuat tekan rata-rata mortar busa umur 7 hari sebagai berikut :

Tabel 4.24. Kuat Tekan Rata-rata Mortar Busa Umur 7 Hari

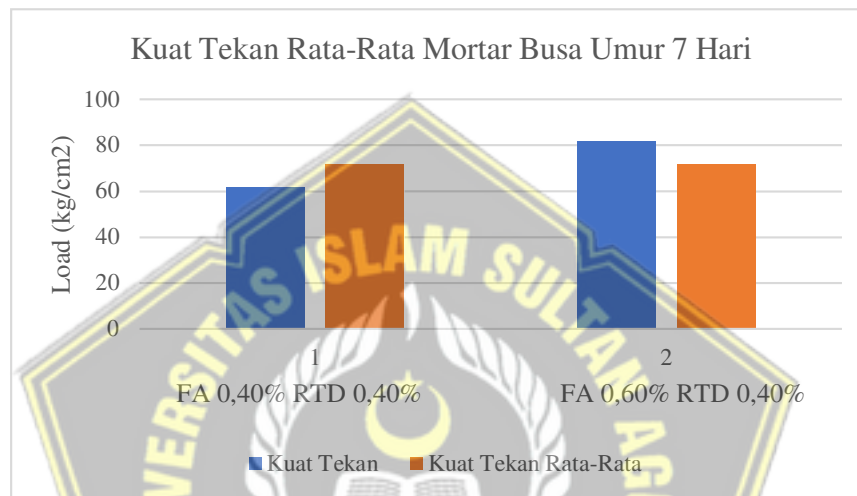
Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,48	91,747	5,192	52,9435
2	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,46	102,908	5,823	59,37789
3	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,11	126,46	7,156	72,97066
Rata-Rata				9,35	107,0383	6,057	61,76402

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,7	93,923	5,315	54,19775
2	09-Jun-23	16-Jun-23	7	9,76	148,782	8,419	85,84964
3	09-Jun-23	16-Jun-23	7	10,1	181,792	10,287	104,8979
Rata-Rata				9,853333	141,499	8,007	81,64842
Rata- Rata Komposisi 1 dan Komposisi 2							71,70622

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada tabel 4.24 menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan mortar busa pada umur 7 hari, jumlah sampel yang diuji yaitu 6, diperoleh rata-rata kuat tekan komposisi 1 yaitu 61,76402 kg/cm² dan rata-rata kuat tekan komposisi 2 yaitu 81,64842 kg/cm², dan rata-rata kuat tekan pada kedua sampel yaitu 71,70622 kg/cm².

Data rata-rata kuat tekan mortar busa umur 7 hari dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.26 Grafik kuat tekan rata-rata 7 hari

Gambar 4.26 menunjukan hasil rata-rata kuat tekan mortar busa *fast track* 7 hari, maka dapat diketahui rata-rata kuat tekan pada komposisi kedua lebih besar daripada rata-rata kuat tekan komposisi pertama.

4.9.4 Kuat Tekan Rata-Rata 28 Hari

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka peneliti mendapatkan data hasil kuat tekan rata-rata mortar busa umur 28 hari sebagai berikut :

Tabel 4. 25. Kuat Tekan Rata-rata Mortar Busa Umur 28 Hari

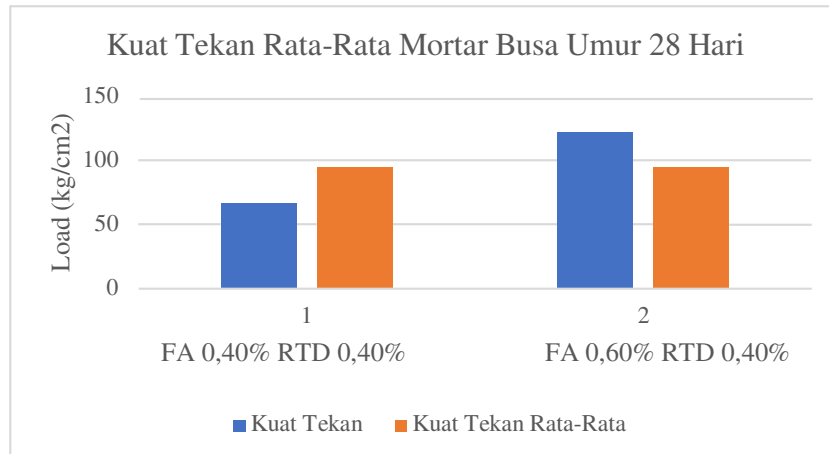
Sampel komposisi 1	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31-Mei-23	01-Jul-23	28	8,86	98,368	5,567	56,76742
2	31-Mei-23	01-Jul-23	28	9	128,257	7,258	74,01077
3	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,36	119,035	6,736	68,68787
Rata-Rata				9,406667	115,22	6,520333	66,48869

Sampel komposisi 2	Tanggal		Umur	Berat	Gaya Tekan (P)	Tekan Aktual Silinder	Tekan Aktual Silinder
			(hari)	(gram)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,44	229,854	13,007	132,6341
2	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,52	280,198	15,85	161,6245
3	31-Mei-23	01-Jul-23	28	10,36	122,961	6,958	70,95163
Rata-Rata				10,44	211,0043	11,93833	121,7367
Rata- Rata Komposisi 1 dan Komposisi 2							94,11271

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada tabel 4.25 menunjukkan hasil pengujian rata-rata kuat tekan mortar busa pada umur 28 hari, jumlah sampel yang diuji yaitu 6, diperoleh rata-rata kuat tekan komposisi 1 yaitu 66,48869 kg/cm² dan rata-rata kuat tekan komposisi 2 yaitu 121,7367 kg/cm², dan rata-rata kuat tekan pada kedua sampel sebesar 94,11271 kg/cm².

Data rata-rata kuat tekan mortar busa umur 28 hari dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.27 Grafik kuat tekan rata-rata umur 28 hari

Gambar 4.27 menunjukan hasil rata-rata kuat tekan mortar busa *fast track* 28 hari, maka dapat diketahui rata-rata kuat tekan pada komposisi kedua lebih besar daripada rata-rata kuat tekan komposisi pertama.

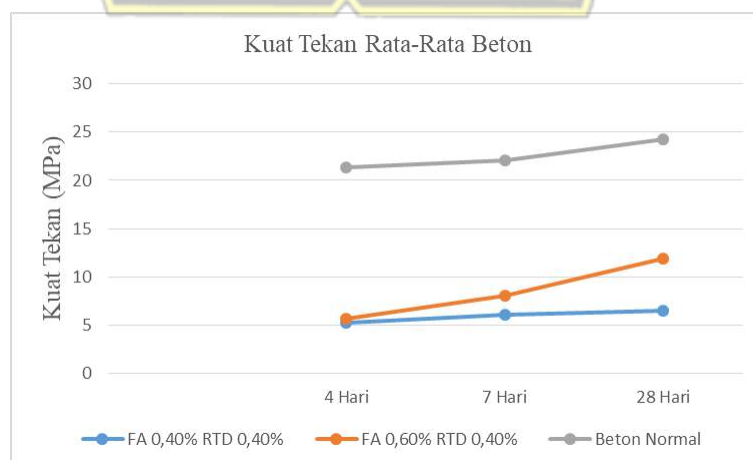
Pengujian yang dilakukan pada mortar busa pada umur 4,7 dan 28 hari secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.26. Kuat Tekan Rata-rata Beton Variasi

Variasi Benda Uji	4 Hari	7 Hari	28 Hari
FA 0,40% RTD 0,40%	5,228 MPa	6,057 MPa	6,52 MPa
FA 0,60% RTD 0,40%	5,686 Mpa	8,007 MPa	11,938 MPa
Beton Normal	21,318 Mpa	22,058 MPa	24,242 MPa

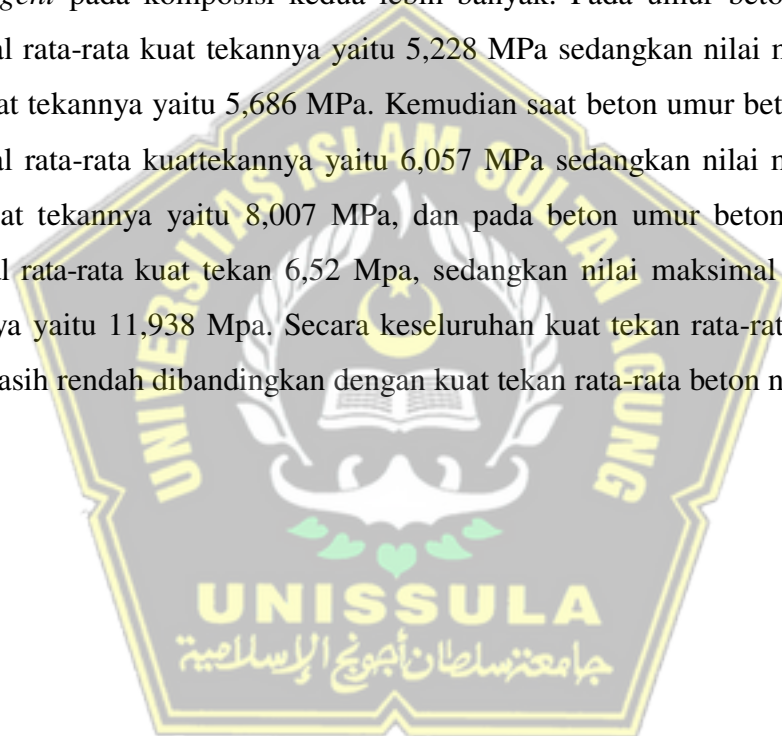
(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari Tabel 4.26 diperoleh grafik kuat tekan rata-rata mortar busa variasi di bawah ini :



Gambar 4.28 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton Variasi

Dari grafik di atas diketahui kuat tekan mortar busa diumur 28 hari lebih tinggi dibandingkan mortar busa diumur 4 dan 7 hari. Sesuai dengan tujuan penggunaan bahan tambah *retarder type d* dan *foam agent* yaitu untuk mempercepat usia dan menambah kuat tekan mortar busa, maka disimpulkan dengan penggunaan variasi bahan aditif *retarder type D* dan *foam agent* di setiap komposisi memiliki nilai kuat yang berbeda. Pada komposisi kedua yaitu 60% *foam agent* dan 40% *retarder type D* memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi pertama yaitu 40% *retarder type D* dan *foam agent* 40%, hal ini dikarenakan penggunaan *foam agent* pada komposisi kedua lebih banyak. Pada umur beton 4 hari nilai minimal rata-rata kuat tekannya yaitu 5,228 MPa sedangkan nilai maksimal rata-rata kuat tekannya yaitu 5,686 MPa. Kemudian saat beton umur beton 7 hari nilai minimal rata-rata kuat tekannya yaitu 6,057 MPa sedangkan nilai maksimal rata-rata kuat tekannya yaitu 8,007 MPa, dan pada beton umur beton 28 hari nilai minimal rata-rata kuat tekan 6,52 Mpa, sedangkan nilai maksimal rata-rata kuat tekannya yaitu 11,938 Mpa. Secara keseluruhan kuat tekan rata-rata pada mortar busa masih rendah dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata beton normal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian *job mix* formula terbaik didapatkan komposisi mortar busa Kombinasi dua (*foam agent* 0,60 % dan *retarder* 0,40 %) dengan hasil kuat tekansesbesar 161,6245 kg/cm² atau 15,85 MPa.
2. Penambahan *foam agent* dan zat aditif *retarder type D* terhadap kuat tekan mortar busa memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam setiap hasilnya. Pada penelitian ini didapat nilai kuat rata-rata tertinggi pada presentase *foam agent* 0,60 % dan *retarder type D* 0,40% yaitu sebesar 121,737 kg/cm² atau 11,938 MPa dengan nilai f.a.s 0,4 pada sampel benda uji umur 28 hari, karena pengaruh presentase bahanaditif dan *foam agent* yang digunakan pada komposisi kedua lebih banyak.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, analisis serta pembahasan terhadap kuat tekan mortar busa dengan campuran bahan aditif *retarder tipe D* pada metode *fast track*, maka penulis dapat menyarankan beberapa hal diantaranya :

1. Sesuai dengan percobaan yang peneliti lakukan dengan nilai f.a.s 0,4 dan komposisifoam agent dan *retarder type D* untuk mortar busa *fast track* mampu di gunakan pada perkerasan jalan lokal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang trial *job mix* formula terbaik agar dapat diperoleh hasil kuat tekan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atamini, H. dan Moestofa, B., (2018), Evaluasi Stabilitas dan Penurunan Antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan Dengan Timbunan Pilihan Pada Oprit Jembatan (Studi Kasus: Flyover Antapani, Kota Bandung). Jurnal Online Institut Teknologi Nasional No.1 Vol.4, Bandung.
- Handayani, F., (2007), Timbunan Badan Jalan Dengan Bahan Tmbunan Ringan. Laporan Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.
- Manurung, fira vidia br., (2020). Analisis Kuat Tarik Belah Beton Busa (Foam Concrete) Dengan Kombinasi Bahan Tambah Serat Serbuk Kelapa, Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Menggunakan Metode Eksperimen Laboratorium.
- SNI 1974-2011 (2011) ‘Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder’, *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, p. 20.
- SNI (2012a) ‘Dokumen.Tips_Sni-Astm-C136-2012.Pdf’, *Badan Standar Nasional Indonesia* [Preprint].
- SNI (2012b) ‘Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif’, *Badan Standardisasi Nasional*, 3638, pp. 1–19.
- SNI 03-6820 (2002) ‘Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen’, *Badan Standardisasi Nasional*, p. 6820.
- SNI 03-6821-2002 (2002) ‘SNI 03-6821-2002 :Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding’, *Badan Standardisasi Nasional* [Preprint].
- SNI 7974:2013 (2013) ‘Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT) SNI 7974-2013’, *Badan Standardisasi Nasional*, 27(5), pp. 596–602.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Santos, S., Da Silva, P. R., & De Brito, J. (2019). *Self-Compacting Concrete With Recycled Aggregates–A Literature Review. Journal Of Building Engineering*, 22, 349-371

- Le, H. T., & Ludwig, H. M. (2016). *Effect Of Rice Husk Ash And Other Mineral Admixtures On Properties Of Self-Compacting High Performance Concrete. Materials & Design*, 89, 156-166.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., (1991). *Bahan Dan Praktek Beton*. Erlangga. Jakarta

