TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN PERLITE DAN STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN KASAR PADA KARAKTERISTIK BETON PONTON

Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat Untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik sipil fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera utara

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ADRIYAN

2207210010

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

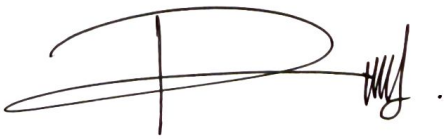
Tugas akhir diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Adriyan
Tempat, Tanggal, Lahir	: Sunggal, 17 November 2004
NPM	: 2207210010
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Studi eksperimental campuran perlite dan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar pada karakteristik beton ponton
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 Agustus 2026
Mengetahui dan menyetujui
Dosen pembimbing



Dr. Fetra Venny Riza

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Adriyan
Tempat, Tanggal, Lahir	: Sunggal, 17 November 2004
NPM	: 2207210010
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Studi eksperimental campuran perlite dan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar pada karakteristik beton ponton
Bidang Ilmu	: Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2026
Mengetahui dan menyetujui
Dosen pembimbing

Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Penguji I

Assoc. Prof Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc.

Dosen Penguji II

Sri Frapanti S.T., M.T

Ketua Studi Teknik Sipil

Dr. Josef Hadipramana

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Adriyan
Tempat, Tanggal, Lahir	: Sunggal, 17 November 2004
NPM	: 2207210010
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul "**Studi Eksperimental Campuran Perlite Dan Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Kasar Pada Karakteristik Beton Ponton**" bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis, tugas akhir saya secara secara orisinil dan autentik.

Bila kemudian hari diduga kuat dan ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan intergritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2026

Saya yang menyatakan



Muhammad Adriyan

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN PERLITE DAN STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN KASAR PADA KARAKTERISTIK BETON PONTON

Muhammad Adriyan
2207210010
Dr. Fetra Venny Riza

Beton ringan terapung (beton ponton) merupakan inovasi material konstruksi yang dikembangkan untuk mengatasi kendala berat pada beton konvensional, khususnya untuk aplikasi struktur terapung seperti dermaga apung dan jembatan ponton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan perlite sebagai substitusi agregat halus (5%) dan styrofoam sebagai substitusi agregat kasar (35%), baik secara terpisah maupun kombinasi, terhadap kuat tekan dan daya apung beton ponton dibandingkan dengan beton kontrol. Penelitian bersifat eksperimental dengan mengacu pada SNI 03-3449-2002 untuk perencanaan campuran beton ringan, menggunakan benda uji silinder (150 x 300 mm) untuk pengujian kuat tekan dan benda uji slab (150 x 150 x 50 mm) untuk pengujian apung, dengan masa perawatan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan styrofoam dan perlite mampu menurunkan berat jenis beton, dengan variasi kombinasi styrofoam dan perlite (SP) memberikan penurunan berat jenis paling signifikan yaitu hingga 57,62% pada benda uji slab. Namun, penurunan berat jenis ini diikuti oleh penurunan kuat tekan, dimana beton kontrol (K) memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 4,59 MPa, sedangkan variasi styrofoam (S) mengalami penurunan terbesar hingga 1,67 MPa. Penambahan perlite pada variasi kombinasi (SP) terbukti membantu meningkatkan kuat tekan sebesar 58,08% dibandingkan variasi styrofoam saja, sehingga mencapai 2,64 MPa. Pada pengujian apung, seluruh variasi belum mampu mengapung sempurna meskipun beberapa telah mencapai berat jenis rencana 1000 kg/m^3, akibat masih adanya pori pada beton yang menyebabkan penyerapan air. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada optimalisasi persentase campuran serta penerapan lapisan kedap air untuk meningkatkan daya apung beton ponton.

Kata kunci: beton ponton, perlite, styrofoam, kuat tekan, daya apung, beton ringan

ABSTRACK

EXPERIMENTAL STUDY OF PERLITE AND STYROFOAM MIXTURES AS SUBSTITUTES FOR FINE AND COARSE AGGREGATES ON THE CHARACTERISTICS OF PONTOON CONCRETE

Muhammad Adriyan
2207210010
Dr. Fetra Venny Riza

Floating lightweight concrete (pontoon concrete) is a construction material innovation developed to overcome the weight limitations of conventional concrete, particularly for floating structures such as floating docks and pontoon bridges. This study aims to determine the effect of adding perlite as a fine aggregate substitute (5%) and styrofoam as a coarse aggregate substitute (35%), both separately and in combination, on the compressive strength and buoyancy of pontoon concrete compared to control concrete. This experimental study refers to SNI 03-3449-2002 for lightweight concrete mix design, using cylindrical specimens (150 x 300 mm) for compressive strength testing and slab specimens (150 x 150 x 50 mm) for buoyancy testing, with a 28-day curing period. The results show that the addition of styrofoam and perlite reduces concrete density, with the combined styrofoam-perlite variation (SP) producing the most significant density reduction, up to 57.62% in slab specimens. However, this density reduction was accompanied by a decrease in compressive strength, where the control concrete (K) had the highest compressive strength of 4.59 MPa, while the styrofoam variation (S) experienced the largest decrease, down to 1.67 MPa. The addition of perlite in the combined variation (SP) was shown to improve compressive strength by 58.08% compared to the styrofoam-only variation, reaching 2.64 MPa. In the buoyancy test, none of the variations achieved full flotation, even though some had reached the target density of 1000 kg/m³, due to residual pores in the concrete causing water absorption. Further research can focus on optimizing the mixture proportions and applying a waterproof layer to improve the buoyancy of pontoon concrete.

Keywords: pontoon concrete, perlite, styrofoam, compressive strength, buoyancy, lightweight concrete

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, kasih, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN PERLITE DAN STYROFOAM SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN KASAR PADA KARAKTERISTIK BETON PONTON". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, doa, dan bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Teristimewa orang tua penulis bapak Muhammad Toha dan Ibu Iriyanti serta bunda sambung penulis ibu Ely Safitri yang memberikan dukungan, doa, dan semangat serta kasih sayang yang tak ternilai pada penulis hingga dapat meneyelesaikan tugas akhir ini.
2. Abang penulis Muhammad Fadil yang juga memeberika doa dan semangat pada penulis serta menjadi tempat lepas tawa penulis dikala bercanda dengan abangnya.
3. Saudara dekat penulis yang tidak bisa di sebut satu-satu yang juga memberikan motivasi, semangat, sehingga penulis bisa berpikir secara lebih luas lagi dari ilmu dan pandangan yang diberikan.
4. Ibu Dr. Fetra Venny Riza selaku dosen pembimbing penulis yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dalam memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang penting dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Assoc. Prof Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc., Ph.D. dan Ibu Sri Frapanti S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang sangat berharga demi penyempurnaan skripsi ini.
6. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D beserta jajaran pimpinan fakultas.

7. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama 4 tahun yang sangat penting bagi penulis untuk bisa menyelesaikan studi dan berkarir di masa kerja mendatang.
8. Sahabat SMA penulis yang masi terikat sampai sekarang yang memberikan semangat dan tempat untuk bercerita dikalan penulis ingin melepaskan isi kepalanya dan memberikan masukan serta tempat canda tawa dikalah lelah.
9. Teman-teman semasa kuliah yang membantu penulis menjalanin 4 tahun masa perkuliahan dan belajar bersama serta membantu segala hal tentang perkuliahan ataupun diluar perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebut satu-satu yang menjadi bagian dari hidup dari perjalanan penulis
11. Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya pada diri sendiri yang sudah semangat dan bertahan dalam masa 4 tahun masa perkuliahan bahkan sebelum masukanya didunia perkuliahan ini dengan segala cobaan yang mungkin berat bagi penulis tapi dilalui dengan lancar dan membuat penulis tumbuh dan berkembang menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Medan, 2026

Muhammad Adriyan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv
ABSTRAK v
ABSTRACK vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Lingkup Penelitian 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3
1.6. Sistematik Penulisan 3
BAB 2 TINJAU PUSTAKA 5
2.1. Beton 5
2.2. Beton Ringan 6
2.3. Beton Ponton 9
2.3.1. Ponton Pada Konstruksi 10
2.4. Perlite 12
2.4.1. Perlite Pada Konstruksi 13
2.4.2. Perlite Pada Beton Ringan 14
2.5. Styrofoam 14
2.5.1. Styrofoam Pada Konstruski 15
2.5.2. Styrofoam Pada Beton Ringan 17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 18
3.1. Umum 18
3.2. Sumber Data Penelitian 19
3.2.1. Data Primer 19

3.2.2. Data Sukunder 19
3.3. Bahan Dan Alat 19
3.3.1. Bahan 19
3.3.2. Alat 20
3.4. Persiapa Agregat 21
3.5. Pemeriksaan Agregat 21
3.6. Pengujian Analisa Saringan 21
3.7. Pengujian Kadar Air 22
3.8. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan 23
3.9. Pengujian Berat Isi 24
3.10. Pengujian Kadar Lumpur 24
3.11. Mix Desain 24
3.11.1. Analisa Komposisi Campuran Pada Pelaksanaan 27
3.12. Benda Uji 33
3.13. Uji Slump 34
3.14. Perawatan Benda Uji 34
3.15. Uji Kuat Tekan 34
3.16. Uji Apung 34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1. Tinjauan Umum 36
4.2. Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat 36
4.3. Pemeriksaan Agregat Halus 36
4.3.1. Analisa Saringan Agregat Halus 36
4.3.2. Pengujian Kadar Air Agregat Halus 37
4.3.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus 38
4.3.4. Pengujian Berat Isi Agregat Halus 38
4.3.5. Kadar lumpur Agregat Halus 39
4.4. Pemeriksaan Agregat Kasar Ringan 40
4.4.1. Analisa Saringan Agregat Kasar Ringan 40
4.4.2. Penguji Kadar Air Agregat Kasar Ringan 41
4.4.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Ringan 41

4.4.4. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar Ringan 42
4.4.5. Kadar Lumpur Agregat Kasar Ringan 43
4.5. Slump Test 43
4.6. Pemeriksaan Berat Jenis (Density) 44
4.6.1. Berat Jenis Beton Ponton Silinder 45
4.6.2. Berat Jenis Beton Ponton Slab 46
4.7. Pengujian Kuat Tekan 48
4.8. Pengujian Apung 49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1. Kesimpulan 51
5.2. Saran 52
DAFTAR PUSTAKA 53
LAMPIRAN 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi beton ringan 6

Tabel 3.1 Komposisi campuran beton ponton dalam $1m^3$ 25

Tabel 3.2 Kebutuhan campuran saat pelaksanaan dengan benda uji silinder 28

Tabel 3.3 Kebutuhan campuran saat pelaksanaan dengan benda uji slab 31

Tabel 4.1 Hasil analisa saringan halus 36

Tabel 4.2 Hasil kadar air agregat halus 37

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan 38

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat isi 39

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur 39

Tabel 4.6 Hasil analisa saringan agregat kasar ringan 40

Tabel 4.7 Hasil Kadar Air Agregat Kasar Ringan 41

Tabel 4.8 Hasil berat jenis dan penyerapan agregat kasar ringan 42

Tabel 4.9 Hasil berat isi agregat kasar ringan 42

Tabel 4.10 Hasil kadar lumpur agregat kasar ringan 43

Tabel 4.11 Hasil slump test 44

Tabel 4.12 Berat jenis beton ponton silinder 45

Tabel 4.13 Berat Jenis beton ponton silinder 46

Tabel 4.14 Hasil Uji Kuat Tekan 48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Beton busa ringan 7

Gambar 2.2 Beton Berpori 8

Gambar 2.6 Struktur ponton 11

Gambar 2.7 ilustrasi perencanaan jembatan Osaka menggunakan ponton 11

Gambar 2.9 Morfologi partikel Perlite by-product 14

Gambar 2.10 Bentuk Styrofoam 15

Gambar 2.11 Rumah apung 16

Gambar 2.12 EPS 16 dan EPS 28 17

Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan 18

Gambar 3.2 Benda uji bentuk silinder 33

Gambar 3.2 Benda uji bentuk slab 33

Gambar 4.1 Grafik slump test 44

Gambar 4.2 Grafik rata-rata berat jenis basah beton ponton silinder 45

Gambar 4.3 Grafik rata-rata berat jenis kering beton ponton silinder 46

Gambar 4.5 Grafik rata-rata berat jenis kering beton slab 47

Gambar 4.6 Grafik rata-rata kuat tekan tiap variasi 48

DAFTAR NOTASI

P	= Kadar air agregat	(%)
W1	= Massa benda uji sebelum dikeringkan dalam oven	(gr)
W2	= Massa benda uji setelah dikeringkan dalam oven	(gr)
E	= Berat contoh SSD kering oven 110℃ Sampai Konstan	(gr)
B	= Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh	(gr)
D	= Berat Piknometer penuh air	(gr)
C	= Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air	(gr)
W3	= Berat Pasir	(gr)
V1	= Volume wadah	(cm^3)
A	= Berat Contoh Kering	(gr)
B	= Berat kering contoh setelah dicuci	(gr)
C	= Berat Lolos Saringan No.200 Setelah Dicuci	(gr)
Fc’	= Kuat tekan beton	(Mpa)
P	= Beban Maksimum	(N)
A	= Luas Penampang yang menerima beban	(mm^2)
V	= Volume Beton Dalam $1m^3$	(m^3)
V1,5	= Volume Beton dilebihkan 1,5	(m^3)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Dalam industri konstruksi, beton adalah bahan bangunan yang sangat penting, diketahui secara umum bahwa kekuatan tekan beton menunjukkan kualitasnya. Kuat tekan yang lebih tinggi menunjukkan kualitas beton semakin baik(Alwiyah et al., 2025). tetapi dalam pembuatan beton ini ada tantangannya tersendiri salah satunya adalah berat beton yang cukup tinggi sehingga berat pada beton ini menambahkan berat pada suatu struktur, karna hal tersebut dibuatnya berbagai inovasi terbaru untuk membuat beton yang awalnya memiliki berat yang cukup tinggi menjadi ringan, salah satu cara membuat beton ini menjadi ringan adalah dengan penggunaan agregat yang lebih ringan (Dina et al., 2025).

Beton normal biasanya terbuat dari bahan campuran dari semen, air, agregat halus, agregat kasar, pada campuran ini bisa terbentuknya beton dengan berat rata-rata 2200-2500 kg/m3 dan itu juga tergantung berapa persentase bahan yang di gunakan untuk membuat beton tersebut. Sedangkan beton ringan menggunakan agregat kasar halus tidak agregat kasar yang ada pada pembuatan beton biasa, dengan menggunakan agregat kasar halus ini bisa mengurangi densitas dari beton yang akan di buat, beton ringan sendiri memiliki berat maksimum 1850 kg/m3 berdasarkan SNI 03-3449-2002.

Pada beberapa penelitian untuk mengurangi densitas dari beton ini digunakan bahan tambahan seperti perlite dan styrofoam pada pembuatan beton ringan. Perlite dapat mengurangi berat dari beton dan juga memungkinkan untuk tidak mengurangi kekuatan dari beton tersebut, sementara styrofoam dapat membuat beton mengurangi densitas dari beton tersebut karena massanya yang ringan. Dari hal tersebut dilakukannya penelitian pembuatan beton ringan terapung atau juga bisa disebut beton ponton dengan penambahan bahan tambahan perlite sebagai substitusi agregat halusnya dengan persentase 5% dan juga styrofoam sebagai substitusi dari agregat kasar dengan persentase 35%, penelitian ini bersifat eksperimental terhadap penambahan bahan tambahan tersebut untuk menguji kuat tekan beton dan juga pengujian apung untuk melihat densitas dari beton tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang , maka permasalahan yang akan dikaji pada tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan perlite sebagai bahan substitusi dari agregat halus untuk meningkatkan kuat tekan dan mengurangi berat jenis untuk daya apung pada beton ponton.
2. Bagaimana pengaruh penambahan styrofoam sebagai bahan substitusi dari agregat kasar untuk meningkatkan kuat tekan dan mengurangi berat jenis pada beton ponton.
3. Bagaimana hasil dari campuran dari perlite dan styrofoam guna meningkatkan kuat tekan beton tetapi tetap memiliki berat jenis yang ringan untuk daya apung pada beton ponton.

1.3. Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang dibuat untuk dapat menyelesaikan masalah-masalah yang disebutkan sebelumnya:

1. Metode pembuatan benda uji beton menggunakan metode pada Standar Nasional Indonesia (SNI 03-3449-2002) tentang tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan.
2. Pengujian kuat tekan pada benda uji beton ringan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 3421:2011) tentang cara uji kuat tekan beton ringan isolasi.
3. Pengujian apung menggunakan metode dari penelitian yang sudah ada sebelumnya.
4. Penggunaan bahan substitusi pada agregat halus menggunakan perlite dengan persentase 5% .
5. Penggunaan bahan substitusi pada agregat kasar menggunakan styrofoam dengan persentase 35%.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan benda uji dengan tambahan perlite sebagai bahan substitusi agregat halus dengan benda uji kontrol pada pengujian kuat tekan dan uji apung.
2. Membandingkan benda uji dengan tambahan styrofoam sebagai substitusi agregat kasar dengan benda uji kontrol pada pengujian kuat tekan dan uji apung.
3. Membandingkan benda uji dengan kombinasi perlite dan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar dengan benda uji kontrol pada pengujian kuat tekan dan apung.

1.5. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini di harapkan bisa memberikan wawasan lebih lanjut tentang pengaruh bahan tambahan seperti perlite dan styrofoam pada beton ponton untuk mendapatkan hasil yang baik serta menjadi pertimbangan untuk tahap penelitian selanjutnya.

Adapun beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dalam pengembangan tentang beton ringan di bidang struktur terapung.
2. Memberikan informasi tentang hasil dari bahan tambahan yang dipakai dalam pembuatan beton ponton.
3. Sebagai bahan referensi penelitian bahan konstruksi dibidang Teknik sipil.

1.6. Sistematik Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan keuntungan penelitian. Bagian ini memberikan gambaran umum tentang tujuan penelitian, jalan penelitian, dan batasan pembahasan untuk

memberikan pemahaman yang lebih spesifik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian ini. Ini termasuk definisi beton, bahan yang digunakan untuk membuat beton, dan sifat bahan tambahan yang di gunakan seperti pasir Perlite dan Styrofoam. Bab ini juga membahas penelitian sebelumnya yang relevan. Kerangka berpikir dan hipotesis penelitian disajikan di akhir bab.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode dan prosedur penelitian. Ini mencakup lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, desain campuran beton (mix Design), proses pembuatan dan perawatan benda uji, dan metode pengujian (apung dan kuat tekan).

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian laboratorium. Data yang dianalisis uji apung dan kekuatan tekan beton, serta efek penambahan perlite dan styrofoam sebagai bahan substitusi agregat halus dan kasar. Data disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan uraian analisis sesuai dengan teori dan penelitian sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir menyampaikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan rekomendasi untuk penelitian yang akan datang. Kesimpulannya didasarkan pada hasil analisis bab sebelumnya, dan sarannya mencakup saran akademik dan praktis untuk pengembangan penelitian serupa di masa mendatang.

BAB 2

TINJAU PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah bahan bangunan yang sangat penting, diketahui secara umum bahwa kekuatan tekan beton menentukan kualitasnya, kuat tekan yang lebih tinggi menunjukkan kualitas beton semakin baik, beton juga di anggap sebagai batuan buatan karena ada partikel yang besar (agregat kasar) ada rongga yang diisi oleh agregat halus dan pasta (campuran air dan semen) memenuhi rongga di antara agregat halus, membantu membuat semua bahan menyatu menjadi massa yang padat (Alwiyah et al., 2025).

Beton merupakan fungsi dari beberapa bahan penyusun yang terdiri dari bahan semen hidrolik (Portland cement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan (admixture atau additive) (Zulkarnain, 2021).

Beton tersusun dari beberapa bahan utama yang saling berinteraksi, yaitu semen, agregat, dan air. Semen Portland berperan sebagai bahkan pengikat hidrolik yang bereaksi dengan air membentuk pasta semen untuk menyatukan agregat dalam campuran beton. Agregat merupakan komponen terbesar dalam beton dengan proporsi sekitar 70% volume, yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus berdasarkan ukuran butirannya. Agregat kasar memiliki butiran lebih dari 4.80mm dan harus memenuhi persyaratan teknis tertentu, seperti kadar lumpur rendah, tidak reaktif terhadap akali, bentuk butir yang baik, serta memiliki ketahanan terhadap pengaruh cuaca. Sementara itu, agregat halus berukuran kurang dari 4.80mm, umumnya berupa pasir, yang harus bebas dari kandungan lumpur dan bahan organik berlebihan serta memiliki gradasi yang sesuai. Air berfungsi sebagai media reaksi antara semen dan sebagai pelumas untuk meningkatkan kemudahan pengerjaan beton, namun jumlah air harus dikontrol karena kelebihan air dapat menurunkan kuat tekan beton (Ode et al., 2024).

Beton dapat dikelompokkan ke dalam berbagai jenis, salah satunya adalah beton ringan. Masing-masing jenis beton dirancang dengan komposisi campuran dan karakteristik yang berbeda agar dapat memenuhi tuntutan teknis serta kondisi

lingkungan penggunaannya. Dengan keunggulan berupa ketahanan terhadap api, umur layan yang relatif panjang, dan biaya yang efisien, beton telah menjadi material konstruksi yang dominan dalam pembangunan beragam infrastruktur, seperti bangunan gedung, jembatan, perkerasan jalan, bendungan serta sebagai fasilitas publik lainnya (Darmajaya & Supriyadi, 2025).

2.2. Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (density) lebih ringan dari pada beton pada umumnya. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan agregat ringan (fly ash, batu apung, expended polystyrene, expended perlit, dll), campuran antara semen, silika, pozolan, dll, atau semen dengan kimia penghasil gelembung udara (Nugraha et al., n.d.)

Menurut SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, beton ringan merupakan beton dengan agregat ringan yang memiliki densitas sesuai ASTM C567 Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete, yaitu 1140-1840 kg/m^3. Beton ringan yang dibuat hanya mengandung agregat kasar dan agregat halus ringan yang sesuai dengan standart ASTM C330M Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete.

SNI 03-3449-2002 Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan, Beton ringan yang memakai agregat ringan atau agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti dari agregat halus ringan dan juga tidak melebih batas maksimum yang sudah ditetapkan yaitu 1850 kg/m^3.

Beton ringan juga memiliki klasifikasi jenis beton terhadap beratnya dan berapa kuat tekan maksimalnya.

Tabel 2.1 Klasifikasi beton ringan

Katagori	Berat isi (Kg/m^3)	Kuat Tekan (Mpa)	Jenis Agregat ringan
Struktural	1400-1850	17,24-41,36	Agregat Buatan
Struktural Ringan	800-1400	6,89-17,24	Agregat Alami

Tabel 2.1: *Lanjutan*

Non-Struktural	<800	<6,89	Perlite atau Vermikulit

Dari klasifikasi tadi terbentuknya beberapa macam Beton ringan itu sendiri memiliki yang memiliki beda-beda karakteristiknya yaitu:

1. Beton Busa Ringan

   Beton busa merupakan salah satu jenis beton ringan yang dibuat dari semen portland atau mortar, dengan struktur berpori yang terbentuk karna adanya gelembung udara yang tercampur di dalam beton. Beton ini memiliki berat jenis berkisar antara 400-1600 Kg/m^3. Karakteristik utama beton busa meliputi kemampuan yang baik sebagai isolator panas dan suara, serta proses pembuatannya yang relatif sederhana dan efisien (Triastuti & Nugroho, 2017).



Gambar 2.1 Beton busa ringan

2. Beton Berpori

   Beton berpori merupakan jenis beton ringan yang dibuat dengan mengurangi atau menghilangkan agregat halus, sehingga terbentuk rongga-rongga yang terisi udara di dalam strukturnya. Dengan adanya pori yang ada pada beton memungkinkan air meresap langsung ke dalam tanah. Beton berpori umumnya memiliki tingkat porositas sekitar 15-35% dengan kuat tekan berkisar 2,8-28 Mpa. Tingginya jumlah rongga menyebabkan densitas pada beton menjadi ringan tetapi hal itu dapat membuat kuat tekan, lentur menjadi lebih rendah dibandingkan beton normal (Rd et al., 2022).



Gambar 2.2 Beton Berpori

3. Beton Ringan Aerasi/Seluler

   Celuler Lightweight Concrate (CLC) adalah beton konvensional yang dimana dengan menggantikan agregat kasar berupa kerikil menggunakan udara. Pada produksinya memanfaatkan busa organik yang stabil, di mana tidak terjadi reaksi kimia selama pencampuran. Busa tersebut berfungsi untuk menjebak udara sehingga gelembung-gelembung udara tetap terjaga dan stabil dalam proses pengerasan. Beton CLC memiliki densitas 400-1800 Kg/m^2, sedangkan untuk aplikasi struktural umumnya pada rentang 1200-1400 Kg/m.



Gambar 2.3 Beton ringa aerasi

4. Beton Agregat Ringan

   Beton agregat ringan Lightweight Aggregate Concrate (LWAC) merupakan material konstruksi yang inovatif yang bertujuan untuk menurunkan berat dari bangunan, khususnya pada gedung bertingkat dan jembatan, serta meningkatkan ketahanan gempa (Agrawal et al., 2021).



Gambar 2.4 Beton agregat ringan

2.3. Beton Ponton

Beton ponton atau beton apung merupakan beton inovatif yang memiliki kemampuan mengapung diatas air akibat densitasnya yang lebih rendah dari 1000 kg/m^3. Perancangan beton ini memerlukan penggunaan material ringan sehingga berat jenisnya lebih kecil dibandingkan beton konvensional. Bahan penyusunnya meliputi semen, fly ash, EPS, agregat ringan, serta serabut kelapa. Kombinasi material tersebut, apabila dirancang dengan proporsi yang tepat, mampu meningkatkan daya apung, ketahanan jangka panjang, serta aspek keberlanjutan lingkungan. Proses produksi beton apung dilakukan dengan pengendalian campuran secara cermat untuk memperoleh karakteristik mekanis dan fisik yang optimal, termasuk kekuatan, durbalitas, dan stabilitas daya apung selama tahap curing (Hulwane et al., 2024). Pada gambar 2.1 merupakan bentuk dari beton ponton yang ada.



Gambar 2.5 Bentuk dari beton ponton

Dari segi material dan kinerja struktural, beton ponton umumnya dikembangkan menggunakan beton ringan berbasis agregat ringan, beton berpori, atau beton dengan rongga berisi udara untuk memperoleh densitas yang cukup rendah sehingga struktur dapat mengapung. Beton apung harus memiliki tingkat permeabilitas yang rendah, ketahanan yang baik terhadap siklus basah dan kering, serta kekuatan tekan yang mencakupi untuk menahan beban operasional maupun gaya gelombang. Selain itu perancangan beton ponton juga juga menekankan ketahanan jangka panjang, khususnya terhadap pengaruh lingkungan agresif seperti penetrasi beton yang tepat serta penerapan sistem perlindungan permukaan menjadi faktor krusial dalam menjamin keberhasilan penggunaan beton ponton pada lingkungan perairan (Jiang et al., 2018).

Densitas merupakan salah satu parameter utama dalam penelitian beton ponton karna secara langsung mempengaruhi kemampuan benda uji untuk mengapung. Semakin rendah densitas beton hingga berada dibawah densitas air, maka semakin besar kemungkinan beton memiliki daya apung. Namun demikian, penurunan densitas harus diimbangin dengan kuat tekan agar beton tetap dapat digunakan sebagai struktural terapung(Huang et al., 2018).

2.3.1. Ponton Pada Konstruksi

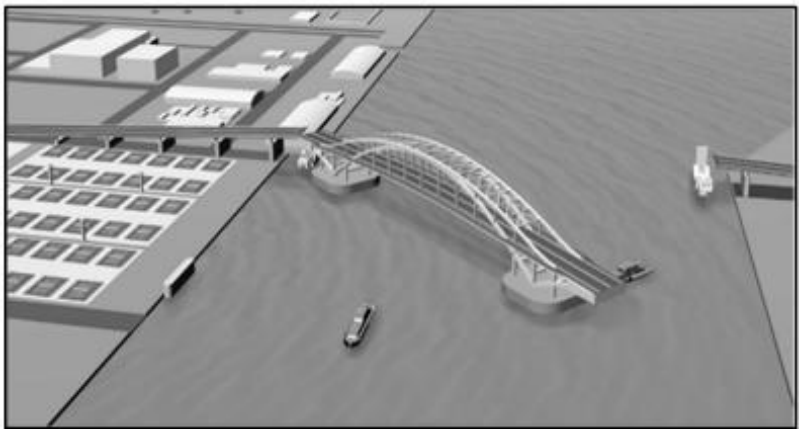
Ponton berfungsi sebagai elemen struktural utama yang menopang bangunan agar dapat mengapung di atas permukaan air. Fungsi paling mendasarnya adalah menghasilkan apung (Bouyant Force) yang harus lebih besar dari pada berat total struktur di atasnya, termasuk berat ponton itu sendiri sesuai prinsip Archimedes, yang dimana benda yang tercelup dalam fluida akan mendapat gaya angkat ke atas sebesar berat fluida yang dipindahkannya, dalam studi kasus yang dibahas, ponton berukuran 60m x 45m mampu menghasilkan gaya apung sebesar 173,382kN, jauh melebihi beban total struktur sebesar 146,395 kN, sehingga menyisakan gaya angkat bersih sekitar 26,985kN yang menjaga bangunan tetap terapung dengan aman. Secara fungsional dalam konstruksi ponton berperan juga sebagai fondasi yang fleksibel yang memungkinkan bangunan naik-turun mengikuti perubahan air (pasang-surut atau banjir) tanpa mengalami kerusakan struktural, karena dihubungkan ke dermaga atau daratan melalui sambungan yang lentur (Roy et al.,

2019). Pada gambar 2.6 merupakan gambaran struktur ponton yang mengapung di atas air.



Gambar 2.6 Struktur ponton

Ponton berfungsi sebagai fondasi struktural utama yang menopang dek superstruktur jembatan agar dapat mengapung diatas air, menggantikan pilar konvensional pada lokasi dengan perairan dalam dan dasar laut yang lunak, situasi dimana jembatan apung menjadi pilihan lebih ekonomis dibanding jembatan tetap, terutama saat kedalaman air melebihi 30 meter dan bentang jembatan melebihi 900 meter. Ponton menyediakan gaya apung (Bouyancy) yang menahan beban mati di beban hidup jembatan (gaya vertikal), sementara sistem penambat (mooring) menahan gaya literal seperti angin, gelombang, dan gempa. Contohnya ada pada kasus jembatan di Osaka Jepang, dimana daya apung air laut dalam ponton menyeimbangkan beban struktur diatas. Selain penopang, ponton juga menjadi elemen fungsional yang menentukan tipe dan perilaku struktural jembatan.



Gambar 2.7 ilustrasi perencanaan jembatan Osaka menggunakan ponton

2.4. Perlite

Perlite merupakan bahan material yang berasal dari kaca vulkanik dan memiliki sifat struktur perlite, asal material tersebut dari batuan rhyolitic yang bersifat asam dan mengandung kadar air tinggi, material ini biasanya terbentuk dari letusan gunung berapi yang mengalami pendinginan secara cepat hingga akhirnya membentuk Kristal dan tidak ada air yang keluar dari material tersebut(Alwiyah et al., 2025).

Secara Mineralogi, perlite masuk sebagai kaca non-kristalin dengan kandungannya terdiri dari 70-75% Silikan Dioksida (SiO_2), 12-15% Aluminium Oksida (Al_2O_3), 3-5% Kalium Oksida (K_2O), 3-4% Natrium Oksida (Na_2O), serta sejumlah kecil Oksida besi, Magnesium Oksida, dan Kalsium Oksida (Concu et al., 2025).

Bentuk dari perlite itu sendiri biasanya berwarna abu-abu, kehijauan sampai kehitaman, komposisi rhyolitic yang terkandung pada perlite itu sendiri terbentuk dari hidrasi obsidian, sehingga jika terjadinya pemanasan dengan suhu antara 760-1100 °C kandungan air yang berada dalam perlite akan berubah menjadi tekanan uap dan membuat perlite mengembang 4-20 kalo dari volume awalnya dan membuat perlite itu menjadi sangat berpori (Nugraha et al., 2019)

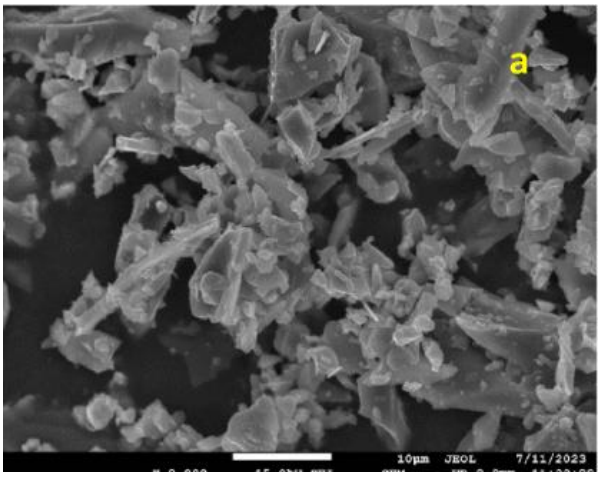


Gambar 2.8 Bentuk perlite

2.4.1. Perlite Pada Konstruksi

Perlite terbukti efektif sebagai material ringan dalam komposit berbasis semen karena mampu menurunkan densitas material sekitar 1,g/cm^3 menjadi 0,032-0,24 g/m^3 setelah proses ekspansi. Penambahan perlite dilaporkan mampu menurunkan konduktivitas termal hingga 42%, misalnya dari 0,59 W/m.K menjadi 0,34 W/m.K sehingga meningkatkan performa insolasi termal secara signifikan. Selain itu, perlite menunjukkan stabilitas termal yang baik hingga suhu 800-900ºC, yang berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan api material. Namun, pada kadar substitusi tinggi menyebabkan penurunan kuat tekan yang signifikan, Dimana penggantian agregat hingga 80% perlite menurunkan kuat tekan dari 21,4 MPa menjadi 1,8 MPa. Oleh karena itu, penggunaan perlite direkomendasikan pada kadar moderat agar diperoleh keseimbangan antara pengurangan berat, peningkatan insolasi, dan kinerja mekanik yang memadai (Abed & Éva, 2025).

Penggunaan perlite sebagai bahan pozzolan pada mortar kapur terbukti memenuhi persyaratan aktivitas pozzolanik dengan kuat lentur rata-rata 2,99 N/mm^2 dan kuat tekan 10,50 N/m^2, jauh melampaui standar TS25 masing-masing 1 N/mm^2 dan 4 N/mm^2. Seiring waktu perawatan, kuat tekan meningkat signifikan dari sekitar 9,74 (7 hari) menjadi 12,64 N/mm^2 (28 hari) dan mencapai 16.51 N/mm^2 (91 hari), sementara kuat lentur naik dari 1,22 N/mm^2 menjadi 1,66 N/mm^2 pada umur 91 hari. Mortar kapur perlite menunjukkan daya serap air yang relatif tinggi, yakni meningkat 6.73% (7 hari) menjadi 10.06% (91 hari), serta porositas terbuka tinggi, sehingga ketahanannya terhadap siklus beku cair rendah dan mulai mengalami kerusakan setelah sekitar 21-25 siklus pembekuan. Berdasarkan hasil tersebut, mortar kapur perlite dinilai layak untuk aplikasi bangunan bersejarah dan dinding partisi interior, tetapi tidak direkomendasikan untuk lingkungan dengan pemaparan kelembapan dan pembekuan tinggi (Tsardaka et al., 2024)



Gambar 2.9 Morfologi partikel Perlite by-product

2.4.2. Perlite Pada Beton Ringan

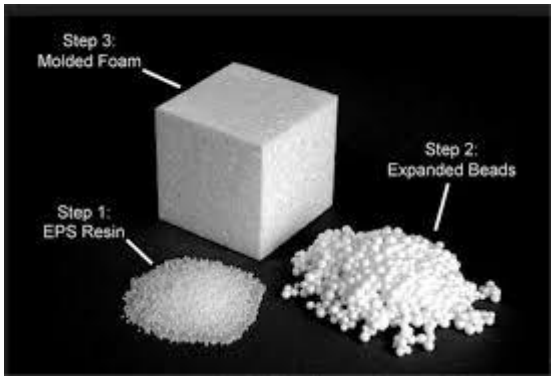
Pada penelitian Penggunaan perlite dengan variasi 5%, 10%, dan 15% pada pembuatan beton ringan dengan menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30cm untuk dilakukan uji kuat tekan, pada saat dilakukan pengujian didapatkan hasil kuat tekan tertinggi yaitu 27,74 Mpa pada variasi perlite 5% dan terendah sebesar 27,18 Mpa pada variasi 15%, hal ini membuktikan penambahan variasi perlite pada beton dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri (Alwiyah et al., 2025).

Penelitian dengan peningkatan perlite pada campuran beton terbukti menurunkan densitas secara signifikan, sehingga beton dapat diklasifikasikan sebagai beton ringan, pada penggantian agregat sebesar 80% densitas beton turun secara drastis hingga kisaran 560-673 Kg/m^3, dan pada penggunaan 100% densitasnya mencapai 392 Kg/m^3. Ini menegaskan perlite sangat efektif untuk menurunkan densitas (Szlachetka et al., 2024).

2.5. Styrofoam

Styrofoam merupakan bahan material yang terbuat dari polimer termoplastik yang biasanya digunakan dalam bentuk busa untuk berbagai keperluan. styrofoam itu sendiri dikenal karena merupakan material yang ringan dan juga tahan terhadap kelembapan serta memiliki kemampuan isolasi termal yang baik (Sarjano et al., 2025).

Expanded polystyrene (EPS) atau bisa juga disebut styrofoam adalah jenis busa stabil dengan densitas yang rendah, dan tersusun dari rongga-rongga udara terpisah yang berada dalam matriks polimer, butiran ini dapat dengan mudah dicampurkan dalam mortar ataupun beton sehingga menghasilkan beton ringan dengan variasi densitas yang luas (Chen & Liu, 2004).



Gambar 2.10 Bentuk Styrofoam

2.5.1. Styrofoam Pada Konstruski

Penggunaan styrofoam atau expanded polystyrene system (EPS) sebagai material inti pada platform rumah apung menunjukkan kinerja yang efektif dalam menjaga daya apung struktur. EPS memiliki berat jenis yang sangat rendah sehingga mampu menopang beban struktur atas tanpa mengurangi stabilitas terapung system. Hasil dari penambahan kombinasi EPS dengan lapisan beton ringan berfungsi tidak hanya sebagai elemen pelindung terhadap kerusakan mekanis dan paparan lingkungan perairan, tetapi juga meningkatkan kekakuan dan kapasitas struktural platform secara keseluruhan. Selain itu sistem EPS dan beton ringan menghasilkan struktur dengan massa total yang relatif ringan namun tetap memiliki kekuatan tekan yang memadai untuk aplikasi bangunan terapung, khususnya rumah apung di wilayah pesisir atau perairan dangkal (Cahyono et al., 2022). Seperti gambar 2.11 yang dimana merupakan sketas dari rumah apung.



Gambar 2.11 Rumah apung

Pemanfaatan expanded polystyrene system (EPS) atau styrofoam sebagai material ringan dalam struktur dan geoteknik menunjukkan bahwa EPS mampu menurunkan besarnya penurunan permanen tanah hingga 20-35% dibandingkan dengan sistem tanpa EPS, terutama pada kondisi pembebanan yang merepresentasikan beban lalu lintas jangka Panjang. Peningkatan densitas EPS 16 kg/m^3 menjadi 28 kg/m^3 secara konsisten menunjukkan penurunan deformasi vertikal yang lebih rendah, dengan reduksi penurunan permanen mendekati 35% pada konfigurasi densitas tertinggi, selain itu EPS dengan ketebalan optimal 150-200mm menunjukkan kinerja terbaik, sementara ketebalan berlebihan ±300mm cenderung meningkatkan deformasi akibat sifat kompresibilitas material. Kombinasi EPS berdensitas tinggi dengan perkuatan geocell setebal 100mm mampu meningkatkan traffic benefit ratio hingga 85-90%, yang mengindikasikan peningkatan kinerja dan umur layanan struktur secara signifikan (Resuloğulları et al., 2025). Pada gambar 2.12 menunjukkan foto fisik benda uji Expanded Polystyrene (EPS) dengan dua variasi densitas, yaitu EPS 16 (densitas 16 kg/m^3) dan EPS 28 (densitas 28 kg/m^3), yang digunakan unutk mengevaluasi kinerja EPS sebagai material ringan pada konstruksi jalan di bawah pembebanan siklik (cyclic loading).



Gambar 2.12 EPS 16 dan EPS 28

2.5.2. Styrofoam Pada Beton Ringan

Pada penelitian yang dilakukan oleh Siahaan Dilakukan uji coba dengan tambahan styrofoam 60%, 70%, 80%, didapat hasil kuat tekan paling tinggi pada beton dengan persentase styrofoam 60% dengan kuat tekan 17,064 Mpa pada beton umur 28 hari, pada persentase 70% didapat kuat tekan 16.03 Mpa, dan terakhir pada persentase 80% didapat kuat tekan 15.99 Mpa.

Pada Penelitian yang dilakukan Mumayyizah densitas beton segar mengalami penurunan signifikan seiring peningkatan kadar EPS dalam campuran. Beton tanpa penambahan EPS memiliki densitas sebesar 2314 kg/m^3, penambahan EPS sebesar 75% densitasnya turun menjadi 1512 kg/m^3 atau berkurang sebesar 35.39%, pada penambahan 50% EPS mampu menurunkan densitas beton hingga 21,9%, pada penambahan 60% EPS penurunan densitas sebesar 20,37%. Penurunan densitas ini terjadi karena EPS memiliki massa jenis yang jauh lebih rendah dibandingkan agregat kasar konvensional, sehingga semakin besar proporsi EPS yang digunakan, semakin ringan beton yang dihasilkan.

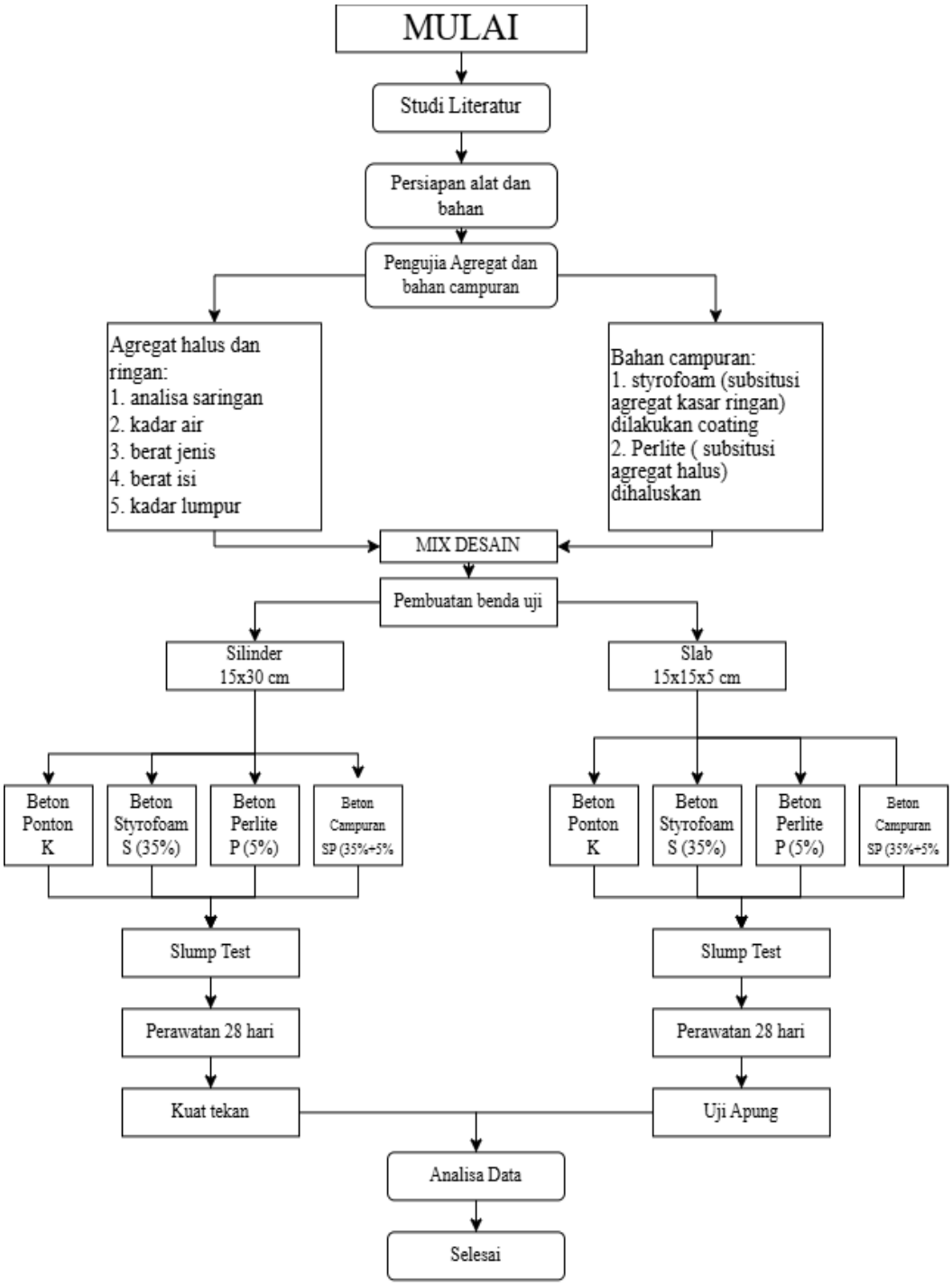
Pada penelitian yang dilakukan Rosdiyani & Syahri dilakukan penelitian penambahan styrofoam varian 0%, 5%, 15% dan 30% pada beton umur 28 hari, dari penambahan tersebut didapat hasil pada variasi 5% dapat menurunkan densitas beton menjadi 2304.70 kg/m^3, pada variasi 15% turun menjadi 2026.10 kg/m^3, dan pada 30% turun lagi menjadi 1698.20 kg/m^3, dari variasi tadi diuji juga untuk kuat tekannya pada beton umur 28 hari di dapat hasil untuk variasi 5% pada nilai kuat tekannya sebesar 17.78 Mpa, pada variasi 15% nilai kuat tekannya 15.91 Mpa, dan pada 30% didapat kuat tekannya 12.97 Mpa.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Tahap perencanaan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat dari bawah ini



Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan

Yang dimana K merupakan Beton ponton kontrol, S merupakan beton ponton dengan campuran styrofoam 35%, P merupakan beton ponton dengan campuran perlite 5% dan SP merupakan beton ponton dengan campuran dari styrofoam 35% dan perlite 5%

3.2. Sumber Data Penelitian

Prosedur atau pendekatan yang melibatkan pengumpulan, dokumentasi, pemeriksaan, dan evaluasi fakta untuk mengatasi suatu masalah. Informasi pendukung sangat penting untuk menyelesaikan penelitian ini sebagai referensi. Informasi pendukung diperoleh dari:

3.2.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil laboratorium, meliputi pembuatan benda uji, pengujian beton segar, dan pengujian beton keras. Beton ringan dites melalui uji slump guna memastikan keseragaman dan konsistensi beton. Uji beton ringan melalui kuat tekan pada benda uji silinder dengan SNI yang berlaku dan uji apung dilakukan dengan benda pelat dan diletakan pada air dalam wadah untuk melihat densitas pada beton, dan tahapan dilakukan dengan peralatan yang terkalibrasi dan data perolehan merupakan nilai beban maksimum.

3.2.2. Data Sukunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan dari sejumlah buku terkait teknik beton. Data ini juga mencakup temuan dari studi-studi beton sebelumnya serta data yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI).

3.3. Bahan Dan Alat

3.3.1. Bahan

1. Agregat halus

   Agregat halus merupakan pasir yang didapat dari toko bangunan.
2. Agregat kasar ringan.

   Agregat kasar halus merupakan batu apung yang didapat dari lingkungan sekitar atau dibeli pada toko bangunan.

3. Air

   Air berasal dari laboratorium tempat pembuatan benda uji.

4. Semen Portland PCC

   Semen yang digunakan merupakan semen bermerek 3 roda dan dibeli dari toko bangunan.

5. Perlite

   Perlite didapatkan dari Marketplace dengan ukuran ±3s/d6mm sebagai bahan campuran substitusi pada agregat halus.

6. Styrofoam

   Perlite didapatkan dari Marketplace dengan ukuran 5mm sebagai bahan campuran substitusi pada agregat kasar.

3.3.2. Alat

1. Satu set saringan agregat kasar dengan nomor ayakan berurut:
   - 1”
   - 3/4”
   - 1/2"
   - 3/8”
   - No. 4
2. Satu set saringan agregat halus dengan nomor ayakan berurut:
   - No. 4
   - No. 8
   - No. 16
   - No. 30
   - No. 50
   - No. 100
   - No. 200

- Pan

3. Alat pendukung untuk pengujian material.
4. Timbangan digital.
5. Alat pengaduk beton (Mixer).
6. Cetakan benda uji untuk kuat tekan dengan ukuran cetakan yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm..
7. Cetakan benda uji untuk uji apung dengan ukuran cetakan 15 x 15 x 5 cm.
8. Kerucut abrams.
9. Mesin kompres (compresion test machine).
10. Bak perendaman.

3.4. Persiapa Agregat

Persiapan material merupakan tahap awal dalam pembuatan beton untuk memastikan kualitas dan sifat beton sesuai dengan spesifikasi yang akan direncanakan. Pada tahap persiapan material yaitu ketika material yang akan digunakan nanti telah berada di laboratorium maka material tersebut dilakukan pemisahan berdasarkan ukuran dan jenisnya sekaligus memastikan material tersebut tidak tercampur dengan bahan-bahan yang dapat mengurangi kualitas beton yang akan dibuat. Maka dengan persiapan material yang baik, kualitas beton yang dihasilkan akan memenuhi spesifikasi perencanaan yang akan dibuat.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan agregat dilakukan menggunakan acuan SNI yang tercantum pada buku penuntun praktikum beton program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai dalam tata cara pemeriksaan agregat yang akan dilakukan.

3.6. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 dan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat sehingga dapat ditentukan

gradasinya sebagai agregat halus maupun agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran beton. Tahap pengujian meliputi:

a) Menyiapkan benda uji yang akan di analisis.
b) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu 110 ± 5 °C hingga mencapai berat konstan.
c) Memasukkan benda uji ke dalam saringan yang sudah disusun sesuai urutan. Proses penyaringan dilakukan secara manual atau menggunakan mesin selama kurang lebih 15 menit.
d) Untuk agregat kasar ringan, saringan yang digunakan terdiri atas ukuran 1", 3/4", 1/2", 3/8", dan No. 4.
e) Untuk agregat halus, saringan yang digunakan terdiri atas No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200, dan Pan

Setelah selesai , berat yang tertahan di tiap saringan ditimbang kemudian digunakan untuk menghitung persentase yang tertahan, persentase lolos, dan gradasi agregat.

3.7. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada SNI 1971:2011 yang bertujuan untuk menentukan persentase kadar air yang terkandung dalam agregat. Nilai kadar air diperoleh dari selisih massa benda uji sebelum dan sesudah pengeringan di dalam oven, kemudian dinyatakan dalam persen. Perhitungan kadar air menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$p = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \qquad (3.1)$$

Keterangan:

P = Kadar air agregat (%)
W1 = Massa benda uji sebelum dikeringkan dalam oven (gr)
W2 = Massa benda uji setelah dikeringkan dalam oven (gr)

Sebelum menghitung kadar air agregat, dilakukan beberapa tahapan pengujian sebagai berikut:

a) Menimbang massa wadah kosong (b).
b) Menimbang massa wadah beserta benda uji sebelum proses pengeringan (a).

c) Menghitung massa benda uji sebelum oven (W1) dengan persamaan :
   W1 = a-b
d) Mengeringkan benda uji di dalam oven hingga mencapai berat konstan
e) Menimbang massa wadah beserta benda uji setelah proses pengeringan (c).
f) Menghitung massa benda uji setelah oven (W2) menggunakan persamaan: W2 = c-b
g) Menghitung kadar air agregat menggunakan persamaan yang telah di tentukan, kemudian mengambil nilai rata-rata dari setiap sampel sebagai penghasil pengujian.

3.8. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk menentukan berat isi curah, berat isi permukaan, berat jenis semu, dan besarnya penyerapan pada agregat. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1970:2008, berikut rumus berat jenis dan penyerapan:

$$\text{Berat Jenis Contoh Kering} = \frac{E}{(B + D - C)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Contoh SSD} = \frac{B}{(B + D - C)} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat Jenis Contoh Semu} = \frac{E}{(E + D - C)} \quad (3.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B - E)}{E} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

E = Berat contoh SSD kering oven 110℃ Sampai Konstan

B = Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh

D = Berat Piknometer penuh air

C = Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air

3.9. Pengujian Berat Isi

Pengujian Berat pada agregat digunakan untuk menentukan densitas atau kerapatan agregat dalam suatu volume tertentu, baik dalam kondisi lepas maupun padat, pengujian berat isi bertujuan untuk mengetahui persatuan isi pada agregat dalam kondisi gembur atau padat dan rongga udara dalam agregat. Pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1991. Berikut merupakan rumus berat isi:

$$\text{Berat Isi (kg/m}^3\text{)} = \frac{W3}{V} \quad (3.6)$$

Keterangan:

W3 = Berat Pasir

V = Volume wadah

3.10. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui nilai persentase kadar lumpur yang terkandung pada agregat sehingga dapat mencegah terjadinya penurunan kualitas material sekaligus memastikan kadar lumpur sesuai dengan syarat batas yang berlaku. Pengujian kadar lumpur ini mengacu pada SNI 03-2461-2002, berikut langkah kerjanya:

a) Menyiapkan agregat yang akan dilakukan pengujian berat sesuai yang direncanakan (A).
b) Selanjutnya menimbang dan cuci sampel tersebut hingga bersih dengan air cucian tidak mengeruh lalu timbang (B).
c) Hitung berat kotoran pada agregat setelah dicuci (C).
d) Persentase kotoran pada agregat = $(\frac{A-B}{A}) \times 100.$

3.11. Mix Desain

Di Indonesia, belum terdapat Sni yang secara khusus mengatur pembuatan beton ponton, karna pembuatannya tergantung pada densitas ringan untuk bisa beton tersebut mengapung. Oleh karena itu, acuan campuran yang digunakan didasarkan pada pendekatan SNI 03-3449-2002, namun perhitungannya mengikuti metode berat isi rencana sebesar 1000 Kg/m^3 yang dikalikan dengan volume

cetakan, karena dinilai lebih sederhana dan praktis untuk diterapkan, Dalam $1m^3$ adonan beton digunakan perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar ringan sebesar 1:2:3 dengan nilai FAS sebesar 0,55.

Pemilihan persentase substitusi agregat halus sebesar 5% untuk perlite mengacu pada penelitian sebelumnya yang dimana pada persentase 5% mendapatkan kuat tekan 27,74 Mpa pada pengujian beton ringan. Lalu pada styrofoam berdasarkan penelitian terdahulu yang menguji densitas beton dan kuat tekan pada beton ringan yang dimana peneliti menggunakan styrofoam 30%, pada penelitian ini ditambahkan sebanyak 5% menjadi 35% untuk styrofoam sebagai substitusi agregat kasar ringan. Kedua persentase tersebut dikombinasikan dalam penelitian ini untuk melihat pengaruh gabungan dari perlite dan styrofoam terhadap karakteristik beton ponton.

Tabel 3.1 Komposisi campuran beton ponton dalam $1m^3$

No	Deskripsi	Beton Silinder Dengan Tiap Campurannya			
		K	S	P	SP
1	Semen	166,67	166,67	166,67	166,67
2	Pasir	333,33	333,33	316,67	316,67
3	Batu Apung	500,00	492,30	500,00	492,30
4	Styrofoam	-	7,70	-	7,70
5	Perlite	-	-	16,67	16,67
6	Kebutuhan air	91,6	91,6	91,6	91,6

Dalam rencana adonan benda uji sebanyak volume adukan $1m^3$ di hitung dengan berat jenis yang direncanakan sebesar 1000 kg/m^3. Maka kebutuhan material yang digunakan adalah:

Berat Material rencana = Beton rencana × V

$= 1000\ kg/m^3 \times 1m^3$

$= 1000\ kg/m^3$

Dikarenakan digunakan perbandingan semen dan agregat halus sebesar 1:2:3 maka berat material yang direncanakan tersebut di bagi 6 guna mendapat nilai perbandingannya.

Kebutuhan Semen $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 1\ Bagian\ semen$

$= \frac{1000}{6} \times 1\ Bagian\ semen$

$= 166{,}67\ kg/m^3$

Kebutuhan Pasir $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$

$= \frac{1000}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$

$= 333{,}33\ kg/m^3$

Kebutuhan Batu Apung $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ apung$

$= \frac{1000}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ Apung$

$500\ kg/m^3$

Kebutuhan air = Kebutuhan semen × Fas 0,55

= 166,67 × 0,55

= 91,6 L/m^3

Kebutuhan bahan campuran untuk pengganti agregat halus dan agregat kasar ringan

1. Kebutuhan perlite untuk campuran dari agregat halus

   Persentase campuran perlite yang digunakan = 5%

   Perlite yang akan digunakan = 5% × Kebutuhan Pasir

	=	5% × 333,33 kg/m^3
	=	16,67 kg/m^3
Batu apung yang dikurangi	=	333,33 − 16,67
	=	316,67 kg/m^3

2. Kebutuhan styrofoam untuk campuran dari agregat kasar ringan

Kebutuhan styrofoam untuk substitusi agregat kasar ringan digunakan perhitungan menggunakan berat jenis dari styrofoam yaitu sebesar 22 kg/m^3.

Persentase campuran styrofoam yang digunakan	=	35%
Perlite yang akan digunakan	=	(35% × Vol. Adukan) × Berat jenis styrofoam
	=	(35% × 1m^3) 22 kg/m^3
	=	7,70 kg/m^3
Batu apung yang dikurangi	=	500 − 7,70
	=	492,3 kg/m^3

3.11.1. Analisa Komposisi Campuran Pada Pelaksanaan

Setelah didapat hasil kebutuhan campuran mix design dalam 1m^3 maka didapat perhitungan kebutuhan campuran untuk pelaksanaan pada benda uji Silinder dan Slab.

1. Kebutuhan campuran silinder

Digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 150 x 300 mm.

Volume Benda Uji (V)	=	$\pi r^2 h$
	=	$3{,}14 \times (0{,}075)^2 \times 0{,}30$
	=	0,0053 m^3

Pada saat pelaksanaan pembuatan benda uji, dilebihkan volume benda uji yang digunakan sebanyak 1,5 dari volume benda uji, hal ini dilakukan untuk pengujian slump test serta mengantisipasi apabila adanya kekurangan adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

Volume benda uji setelah dilebihkan 1,5 $= Vawal \times 1{,}5$

$= 0{,}0053 \times 1{,}5$

$= 0{,}00795\ m^3$

Dalam perencanaan pembuatan benda uji pada penelitian ini, komposisi mix design didasarkan pada berat beton yang direncanakan yaitu 1000 kg/m^3.

Berat Material rencana = Beton rencana × V 1,5

= 1000 kg/m^3 × 0,00795

= 7,95 kg

Tabel 3.2 Kebutuhan campuran saat pelaksanaan dengan benda uji silinder

No	Deskripsi	Beton ponton Silinder Dengan Tiap Campurannya			
		K	S	P	SP
1	Semen	1,32	1,32	1,32	1,32
2	Pasir	2,65	2,65	2,52	2,52
3	Batu Apung	3,97	3,913	3,97	3,913
4	Styrofoam	-	0,061	-	0,061
5	Perlite	-	-	0,132	0,132
6	Kebutuhan air	0,73	0,73	0,73	0,73

Dikarenakan digunakan perbandingan semen dan agregat halus sebesar 1:2:3 maka berat material yang direncanakan tersebut di bagi 6 guna mendapat nilai perbandingannya.

Kebutuhan Semen $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 1\ Bagian\ semen$

$$= \frac{7{,}95}{6} \times 1\ Bagian\ semen$$

1,32 kg

Kebutuhan Pasir $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$

$$= \frac{7{,}95}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$$

2,65 kg

Kebutuhan Batu Apung $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ apung$

$$= \frac{7{,}95}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ Apung$$

3,97 kg

Kebutuhan air = Kebutuhan semen × Fas 0,55

= 1,32 × 0,55

= 0,73L

Kebutuhan bahan campuran untuk pengganti agregat halus dan agregat kasar ringan

a. Kebutuhan perlite untuk campuran dari agregat halus

Persentase campuran perlite yang digunakan = 5%

Perlite yang akan digunakan = 5% × Kebutuhan Pasir

= 5% × 2,65 kg/m^3

= 0,132 kg

Pasir yang dikurangi = 2,65 − 0,132

= 2,52 kg

b. Kebutuhan styrofoam untuk campuran dari agregat kasar ringan

Kebutuhan styrofoam untuk substitusi agregat kasar ringan digunakan perhitungan menggunakan berat jenis dari styrofoam yaitu sebesar 22 kg/m^3

Persentase campuran styrofoam yang digunakan	=	35%
Perlite yang akan digunakan	=	(35% × Vol. Adukan) × Berat jenis styrofoam
	=	(35% × 0,00795m^3)22 kg/m^3
	=	0,061 kg
Batu apung yang dikurangi	=	3,97 − 0,061
	=	3,913 kg

2. Kebutuhan campuran slab

Digunakan benda uji berbentuk slab dengan ukuran 150 x 150 x 50 mm.

Volume Benda Uji (V)	=	$p \times l \times t$
	=	$0{,}15 \times 0{,}15 \times 0{,}05$
	=	0,00113 m^3

Pada saat pelaksanaan pembuatan benda uji, dilebihkan volume benda uji yang digunakan sebanyak 1,5 dari volume benda uji, hal ini dilakukan untuk pengujian slump test serta mengantisipasi apabila adanya kekurangan adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

Volume benda uji setelah dilebihkan 1,5	=	$Vawal \times 1{,}5$
	=	$0{,}00113 \times 1{,}5$
	=	0,00169 m^3

Dalam perencanaan pembuatan benda uji pada penelitian ini, komposisi mix design didasarkan pada berat beton yang direncanakan yaitu 1000 kg/m^3.

Berat Material rencana = Beton rencana × V 1,5

= 1000 kg/m^3 × 0,00169

= 1,69 kg

Tabel 3.3 Kebutuhan campuran saat pelaksanaan dengan benda uji slab

No	Deskripsi	Beton Ponton Slab Dengan Taip Campurannya			
		K	S	P	SP
1	Semen	0,28	0,28	0,28	0,28
2	Pasir	0,56	0,56	0,53	0,53
3	Batu Apung	0,84	0,831	0,84	0,831
4	Styrofoam	-	0,013	-	0,013
5	Perlite	-	-	0,028	0,028
6	Kebutuhan air	0,15	0,15	0,15	0,15

Dikarenakan digunakan perbandingan semen dan agregat halus sebesar 1:2:3 maka berat material yang direncanakan tersebut di bagi 6 guna mendapat nilai perbandingannya.

Kebutuhan Semen $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 1\ Bagian\ semen$

$= \frac{1{,}69}{6} \times 1\ Bagian\ semen$

0,28 kg

Kebutuhan Pasir $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$

$= \frac{1{,}69}{6} \times 2\ Bagian\ Pasir$

0,56 kg

Kebutuhan Batu Apung $= \frac{Berat\ material\ rencana}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ apung$

$= \frac{1{,}69}{6} \times 3\ Bagian\ Batu\ Apung$

0,84 kg

Kebutuhan air	=	Kebutuhan semen × Fas 0,55
	=	0,28 × 0,55
	=	0,15L

Kebutuhan bahan campuran untuk pengganti agregat halus dan agregat kasar ringan

a. Kebutuhan perlite untuk campuran dari agregat halus

Persentase campuran perlite yang digunakan	=	5%
Perlite yang akan digunakan	=	5% × Kebutuhan Pasir
	=	5% × 0,56 kg/m^3
	=	0,028 kg
Pasir yang dikurangi	=	0,56 − 0,028
	=	0,053 kg

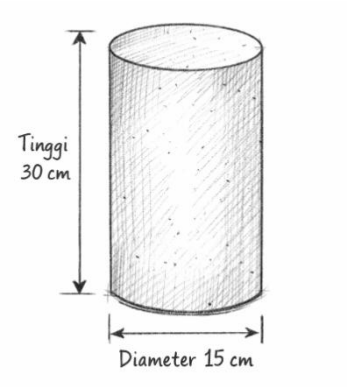
b. Kebutuhan styrofoam untuk campuran dari agregat kasar ringan

Kebutuhan styrofoam untuk substitusi agregat kasar ringan digunakan perhitungan menggunakan berat jenis dari styrofoam yaitu sebesar 22 kg/m^3.

Persentase campuran styrofoam yang digunakan	=	35%
Perlite yang akan digunakan	=	(35% × Vol. Adukan) × Berat jenis styrofoam
	=	(35% × 0,00169m^3)22 kg/m^3
	=	0,013 kg
Batu apung yang dikurangi	=	0,84 − 0,013
	=	0,831 kg

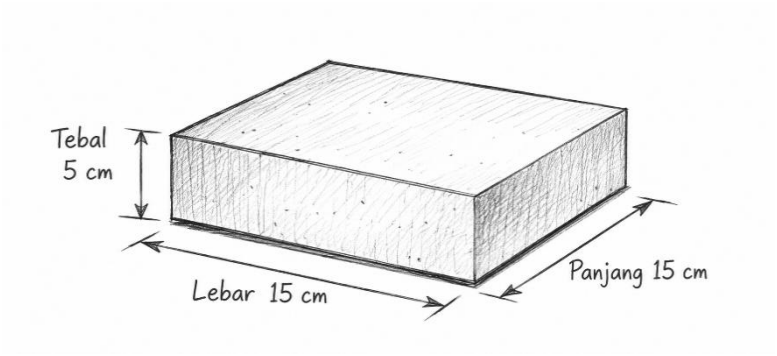
3.12. Benda Uji

Dibuatnya benda uji berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan pada sampel yang sudah dibuat dengan ukuran silinder 15 x 30 cm.



Gambar 3.2 Benda uji bentuk silinder

Selain silinder dibuat juga benda uji berbentuk slab untuk pengujian apung. Bentuk uji slab untuk pengujian apung mengacu pada penelitian dari Huang et al. yang dimana menggunakan ukuran plat 30x30x5cm untuk menguji kemampuan mengapung di atas air. Bentuk slab dipilih karena merepresentasikan elemen struktural datar pada struktur terapung. Pada penelitian ini digunakan ukuran 15x15x5cm, lebih kecil dari acuan, dengan ketebalan 5cm mengikuti acuan, disesuaikan dengan cetakan yang tersedia di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.2 Benda uji bentuk slab

3.13. Uji Slump

Uji slump merupakan pengujian untuk mengetahui tingkat kelecakan (workability) beton segar yang berpengaruh terhadap kemudahan pengerjaan dan homogenitas campuran. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan beton normal, nilai slump yang disarankan untuk beton struktural seperti balok, kolom, dan pelat berada pada kisaran 50–100 mm.

3.14. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji yang dilakukan sesuai dengan SNI-03-2493-2011 Tata cara pembuatan benda uji beton di laboratorium. Perawatan dilakukan setelah pembongkaran cetakan lalu direndam di dalam air bersih pada temperatur 25°C sesuai dengan umur beton yang akan direncanakan (28 hari). Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman sehari sebelum pengujian kuat tekan beton dilakukan.

3.15. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan benda uji di hitung dengan cara membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian terhadap luas penampang melintang rata-rata yang telah di tentukan, kemudian hasilnya dinyatakan dengan pembulatan hingga satu angka di belakang koma dalam satu 0,1 Mpa (Nugraha et al., 2019)

Nilai Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus:

$$Fc' = \frac{P}{A} \qquad (3.7)$$

Dimana:

Fc’ : Kuat tekan beton (Mpa)

P : Beban Maksimum (N)

A : Luas Penampang yang menerima beban (mm^2)

3.16. Uji Apung

Uji daya apung (bouyancy test) merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan beton ponton yang ringan dan dapat mengapung diatas air serta dapat menahan beban hingga batas tertentu sehingga pada akhirnya beton

tersebut tersendam, daya apung tersebut dipengaruhi oleh berat dari beton itu dan juga kestabilan ponton pada saat di atas permukaan air (Mohamad et al., 2022).

Pada pengujian apung digunakan prinsip Archimedes yang dimanfaatkan untuk menjaga struktur tetap terapung pada kedalaman yang aman dan sesuai. Beton yang mengapung dibuat menggunakan dari material yang ringan sehingga memiliki massa jenis yang rendah (Satyavathi et al., 2024).

Fenomena mengapungnya benda di atas permukaan cairan merupakan pokok bahasan dari hukum Archimedes. Hukum tersebut menerangkan bahwa terapung atau tidaknya sebuah benda ditentukan oleh perbandingan antara massa jenis fluida, benda akan terapung apabila kerapatan materialnya lebih rendah dibandingkan cairan tempat ia berada (Luh Ari Anjarsari et al., 2015).

Pengujian apung dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan wadah berupa ember berdiamter 56cm yang disi air bersih hingga ketinggian muka air 43cm.
2. Benda uji ukuran 15x15x5cm yang telah melalui masa perawatan (curing) selama 28 hari diletakan secara perlahan di atas permukaan air pada bagian tengah wadah.
3. Perilaku benda uji diamati secara visual, apakah benda uji tetap mengapung stabil di permukaan air, tenggelam secara perlahan (bertahap), atau langsung tenggelam secara langsung ke dasar wadah.
4. Hasil pengamatan dicatat berupa kondisi akhir benda uji beserta keterangan proses tenggelamnya (langsung atau bertahap).
5. Pengujian ini didasarkan pada prinsip archimedes, dimana suatu benda akan terapung apabila masa jenisnya lebih kecil daripada masa jenis fluida (air), dan tenggelam akan apabila sebaliknya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Data penelitian perlu di analisis dan dibahas. Bab ini akan membahas hasil penelitian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian dimulai dengan memeriksa bahan penyusun beton, merencanakan campuran beton, mencampur bahan penyusun beton, dan menguji beton yang telah dibuat.

4.2. Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Bab ini memaparkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data yang diperoleh berasal dari pengujian agregat halus dan agregat kasar yang meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur, serta berat isi. Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI)

4.3. Pemeriksaan Agregat Halus

4.3.1. Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan menggunakan SNI 03-1968-1990 sebagai pedoman untuk mendapatkan hasil dari analisa saringan.

Tabel 4.1 Hasil analisa saringan halus

Saringan	Massa Tertahan			Kumulatif		
	Sampel 1	Sampel 2	Total	Berat Tertahan	Berat Tertahan K	Berat Lolos (%)
mm	Gr	Gr	Gr	(%)	(%)	(%)
4.75 mm (No.4)	0	0	0	0,00	0,00	100,00
2.36 mm (No. 8)	570	585	1155	38,69	38,69	61,31
1.18 mm (No.16)	350	400	750	25,13	63,82	36,18
0.6 mm (No.30)	370	340	710	23,79	87,60	12,40

Tabel 4.1: *Lanjutan*

0.3 mm (No.50)	180	160	340	11,39	98,99	1,01
0.15 mm (No.100)	15	10	25	0,84	99,83	0,17
Pan	5	0	5	0,17	100,00	0,00
Jumlah	1490	1495	2985	100,00	488,94	211,06
FM (Modulus Kehalusan)					4,89	

Dari hasil pengujian pada tabel 4.1, diperoleh FM (Modulus Kehalusan) sebesar 4,89. Nilai ini di atas rentang standar modulus kehalusan agregat halus untuk beton yang umumnya di isyaratkan 1,5-3,8. Ini menunjukkan bahwa sampel tergolong pasir kasar, karna porsi butiran yang tertahan di saringan di atas 2,36-1,18 cukup dominan.

4.3.2. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilaksanakan berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1971:2011 serta mengacu pada Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai pemeriksaan kadar air pada agregat halus dan kasar.

Tabel 4.2 Hasil kadar air agregat halus

Fine Agregat	Notasi	Persamaan	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Massa wadah + Benda Uji	a	-	1245	1509	gr
Massa wadah	b	-	240	509	gr
Massa Benda Uji	w1	a-b	1005	1000	gr
Massa Wadah + Kering Oven	c	-	1237	1494	gr
Massa Benda Uji Kering Oven	w2	c-b	997	985	gr
Kadari Air Agregat	p	w1-w2/w2 x 100%	0,802	1,523	%
rata-rata		-	1,163		%

Hasil pengujian menunjukkan kadar air agregat halus sebesar 0,802% pada sampel pertama dan 1,523% pada sampel kedua, dengan rata-rata 1,163%. Selisih yang cukup besar antar sampel mengidentifikasi kelembaban pasir yang tidak

merata, sementara nilai rata-ratanya tergolong rendah sehingga agregat masih kondisi relatif kering. Kondisi ini perlu dikoreksi saat perencanaan campuran beton agar rasio air-semen tetap sesuai rencana, disarankan pengambilan sampel diulang secara lebih representatif untuk hasil lebih konsisten.

4.3.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan dengan berpedoman pada SNI 1970:2008 serta mengikuti prosedur yang terdapat dalam Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hasil pengujian diperoleh dari kegiatan tersebut selanjutnya disajikan secara rinci pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan

Fine Agregats Passing No.4 (Agregat Halus Lolos Ayakan No.4)	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Wt. Of SSD Sample In Air (Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh) *B (gr)	500	500	500
Wt. Of Oven Dry Sample (Berat contoh SSD kering oven 110℃ Sampai Konstan) *E (gr)	493	489	491
Wt. Of Flask + Water (Berat Piknometer penuh air) *D (gr)	687	690	688,5
Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) *C (gr)	995	992	993,5
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) *E/(B+D-C) (gr/l)	2,57	2,47	2,52
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) *B/(B+D-C) (gr/l)	2,60	2,53	2,56
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) *E/(E+D-C) (gr/l)	2,66	2,61	2,64
Absorption (penyerapan) *{((B-E)/E)x100%} (%)	1,42	2,25	1,83

Berdasarkan hasil dari penyerapan air pada agregat halus yang diperoleh dari 2 sampel pengujian masih memenuhi syarat yang ditetapkan oleh ASTM C128-93 yaitu dengan batas maksimal penyerapan sebesar 4%.

4.3.4. Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 03-4804-1991. Selain itu, prosedur pelaksanaannya juga mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik

Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai pemeriksaan berat isi agregat halus. Data hasil pengujiannya yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat isi

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Lepas	Tusuk	Goyang
Berat pasir dan wadah (gr)	W1		gr	19020	20090	20620
Berat wadah (gr)	W2		gr	5300	5300	5300
Berat pasir *F (gr)	W3	W1-W2	gr	13720	14790	15320
Volume wadah *G (cm3)	V1		cm3	10851,84	10851,84	10851,84
Berat isi (gr/cm3)		W3/V	gr/cm3	1,26	1,36	1,41
Rata-rata berat isi (gr/cm3)				1,35		

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 29/ C29 M – 91, nilai berat isi agregat halus yang diperoleh dari dua sampel pengujian melalui metode lepas, tusuk, dan goyang berada pada rentang yang memenuhi persyaratan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik berat isi agregat halus yang digunakan masih sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan, yaitu sebesar 0,9-1,9 gr/cm^3.

4.3.5. Kadar lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dilakukan dengan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 03-2461-2002. Selain itu, pelaksanaan pengujian juga mengikuti prosedur yang terdapat dalam Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar. Hasil pengujian yang telah diperoleh selanjutnya disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Fine Agregat	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Contoh Kering *A (gr)	1000	1000	1000
Berat kering contoh setelah dicuci *B (gr)	970	975	972,50
Berat Lolos Saringan No.200 Setelah Dicuci C (gr)	30	25	27,50
Agregat Halus Lolos Saringan No.200 Setelah dicuci (%)	3,0	2,5	2,75

Berdasarkan SNI 03-2461-2002, Bahwa hasil yang didapat dari 2 sampel uji kadar lumpur yang terkandung dalam pasir masi memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu maksimal sebesar 5%

4.4. Pemeriksaan Agregat Kasar Ringan

4.4.1. Analisa Saringan Agregat Kasar Ringan

Pengujian analisa saringan menggunakan SNI 03-1968-1990 sebagai pedoman untuk mendapatkan hasil dari analisa saringan gabungan.

Tabel 4.6 Hasil analisa saringan agregat kasar ringan

Saringan	Massa Tertahan			Kumulatif		
	Sampel 1	Sampel 2	Total	Berat Tertahan	Berat Tertahan K	Berat Lolos (%)
mm	Gr	Gr	Gr	(%)	(%)	(%)
25,4 mm (1 inci)	0	0	0	0,00	0,00	100,00
19.1 mm (3/4 inci)	50	60	110	3,61	3,61	96,39
12.7 mm (1/2 inci)	850	835	1685	55,34	58,95	41,05
9.52 mm (3/8 inci)	485	445	930	30,54	89,49	10,51
4.75 mm (No.4)	155	165	320	10,51	100,00	0,00
2.36 mm (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 mm (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.6 mm (No.30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.3 mm (No.50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 mm (No.100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Jumlah	1540	1505	3045	102,01	752,05	247,95

Modulus kehalusan (FM) sebesar 7,52 masih berada dalam rentang standar agregat kasar (6,0-8,0), sehingga agregat ini dapat disimpulkan memenuhi syarat gradasi dan modulus kehalusan sesuai SNI 03-1968-1990, layak digunakan sebagai agregat kasar campuran beton.

4.4.2. Penguji Kadar Air Agregat Kasar Ringan

Pengujian kadar air agregat kasar dilaksanakan berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1971:2011 serta mengacu pada Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU mengenai pemeriksaan kadar air pada agregat halus dan kasar.

Tabel 4.7 Hasil Kadar Air Agregat Kasar Ringan

Fine Agregat	Notasi	Persamaan	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Massa wadah + Benda Uji	a	-	2125	2140	gr
Massa wadah	b	-	585	585	gr
Massa Benda Uji	w1	a-b	1540	1555	gr
Massa Wadah + Kering Oven	c	-	2110	2125	gr
Massa Benda Uji Kering Oven	w2	c-b	1525	1540	gr
Kadari Air Agregat	p	w1-w2/w2 x 100%	0,984	0,974	%
rata-rata		-	0,979		%

Hasil pengujian menunjukkan kadar air agregat halus sebesar 0,984% pada sampel pertama dan 0,974% pada sampel kedua, dengan rata-rata 0,979%. Selisih yang cukup besar antar sampel mengidentifikasi kelembaban pasir yang tidak merata, sementara nilai rata-ratanya tergolong rendah sehingga agregat masih kondisi relatif kering. Kondisi ini perlu dikoreksi saat perencanaan campuran beton agar rasio air-semen tetap sesuai rencana, disarankan pengambilan sampel diulang secara lebih representatif untuk hasil lebih konsisten.

4.4.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Ringan

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan dengan berpedoman pada SNI 1970:2008 serta mengikuti prosedur yang terdapat dalam Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hasil pengujian diperoleh dari kegiatan tersebut selanjutnya disajikan secara rinci pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil berat jenis dan penyerapan agregat kasar ringan

Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Wt. Of SSD Sample In Air (Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh) *A (gr)	2400	2425	2412,5
Wt of SSD sample in Water (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1426	1515	1470,5
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan (C)	2390	2410	2400
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat Jenis contoh kering)	2,45	2,65	2,55
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD)	2,46	2,66	2,56
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu)	2,48	2,69	2,58
Absorption (penyerapan)	0,42	0,62	0,52

Berdasarkan hasil dari penyerapan air pada agregat halus yang diperoleh dari 2 sampel pengujian masi memenuhi syarat yang ditetapkan oleh ASTM C128-93 yaitu dengan batas maksimal penyerapan sebesar 4%.

4.4.4. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar Ringan

Pengujian berat isi agregat halus pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 03-4803-1998. Selain itu, prosedur pelaksanaannya juga mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai pemeriksaan berat isi agregat halus. Data hasil pengujiannya yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil berat isi agregat kasar ringan

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Lepas	Tusuk	Goyang
Berat pasir dan wadah (gr)	W1		gr	24230	24215	24310
Berat wadah (gr)	W2		gr	5300	5300	5300
Berat pasir *F (gr)	W3	W1-W2	gr	18930	18915	19010
Volume wadah *G (cm3)	V1		cm3	10851,84	10851,84	10851,84
Berat isi (gr/cm3)		W3/V1	gr/cm3	1,74	1,74	1,75
Rata-rata berat isi (gr/cm3)				1,75		

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 29/ C29 M – 91, nilai berat isi agregat halus yang diperoleh dari dua sampel pengujian melalui metode lepas, tusuk, dan goyang berada pada rentang yang memenuhi persyaratan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik berat isi agregat halus yang digunakan masih sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan, yaitu sebesar 0,9-1,9 gr/cm^3.

4.4.5. Kadar Lumpur Agregat Kasar Ringan

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dilakukan dengan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 03-2461-2002. Selain itu, pelaksanaan pengujian juga mengikuti prosedur yang terdapat dalam Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar. Hasil pengujian yang telah diperoleh selanjutnya disajikan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil kadar lumpur agregat kasar ringan

Fine Agregat	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Contoh Kering *A (gr)	1200	1200	1200
Berat kering contoh setelah dicuci *B (gr)	1193	1190	1191,5
Berat Lolos Saringan No.200 Setelah Dicuci C (gr)	7	10	8,5
Agregat Halus Lolos Saringan No.200 Setelah dicuci (%)	0,58	0,83	0,71

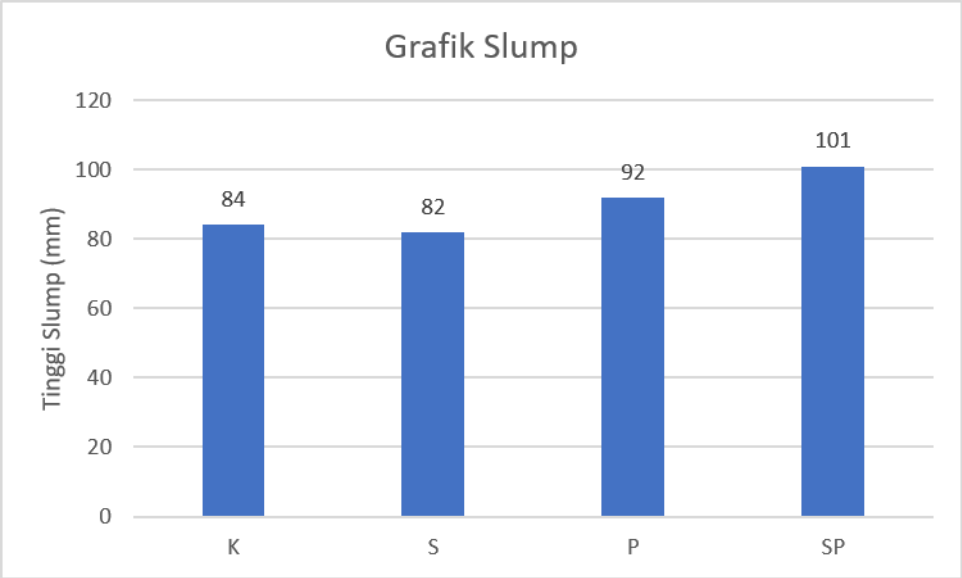
Berdasarkan SNI 03-2461-2002, Bahwa hasil yang didapat dari 2 sampel uji kadar lumpur yang terkandung dalam pasir masi memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu maksimal sebesar 5%.

4.5. Slump Test

Pada saat pembuatan benda uji sudah selesai dan tinggal dicetak, sebelum masuk ke cetakan dilakukan pemeriksaan slump demi mengetahui kelecakan pada beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan beton normal, nilai slump yang disarankan untuk beton struktural seperti balok, kolom, dan pelat berada pada kisaran 50–100 mm.

Tabel 4.11 Hasil slump test

Varian Beton	Variasi Campuran		Slump (Mm)
	Styrofoam	Perlite	
K	0%	0%	84
S	35%	0%	82
P	0%	5%	92
SP	35%	5%	101



Gambar 4.1 Grafik slump test

Hasil pengujian slump menunjukkan nilai berkisar antara 82-101 mm. Beton ponton kontrol (K) memiliki nilai slump 84, sedangkan pada penambahan 35% styrofoam (S) sedikit menurunkan nilai slump menjadi 82 mm, penambahan perlite 5% (P) meningkatkan hasil nilai slump menjadi 92 mm, dan kombinasi dari 35% styrofoam dan 5% perlite (SP) menghasilkan nilai slump tertinggi yaitu 101 mm.

4.6. Pemeriksaan Berat Jenis (Density)

Tujuan dilakukannya pengujian berat jenis adalah untuk menentukan kepadatan beton setelah dilakukan perawatan selama 28 hari, serta untuk mengetahui apabila beton yang dilakukan pengujian tersebut sudah memenuhi nilai berat jenis yang direncanakan.

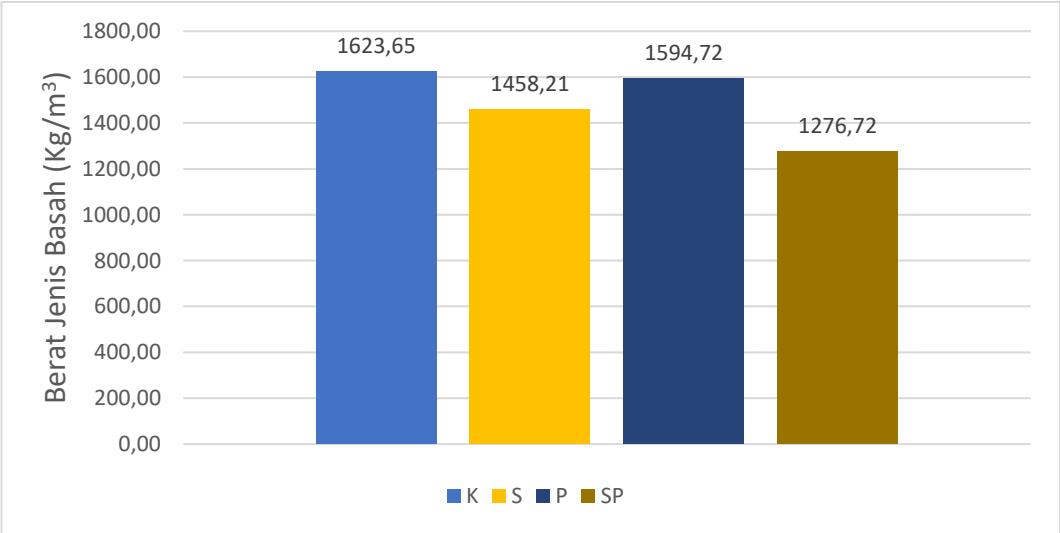
4.6.1. Berat Jenis Beton Ponton Silinder

Berikut merupakan hasil dari berat jenis basah dan kering pada sampel beton ponton silinder yang sudah dilakukan perawatan selama 28 hari.

Tabel 4.12 Berat jenis beton ponton silinder

KODE		VARIASI CAMPURAN		BENTUK CETAKAN	VOLUME SILINDER	BERAT BASAH	BERAT JENIS BASAH	BERAT JENIS RATA-RATA	BERAT KERING	BERAT JENIS KERING	BERAT JENIS KERING RATA-RATA
1		2		3	4	5	6=4/5	7	8	9	10
		STYROFOAM	PERLITE								
K	K1	0%	0%	SILINDER 150/300	0,00530	8,76	1653,220099	1623,65	8,55	1613,588	1588,425
	K2	0%	0%		0,00530	8,62	1626,798773		8,48	1600,377	
	K3	0%	0%		0,00530	8,43	1590,94126		8,22	1551,309	
S	S1	35%	35%		0,00530	7,785	1469,214437	1458,21	7,54	1422,977	1415,428
	S2	35%	35%		0,00530	7,725	1457,891012		7,49	1413,541	
	S3	35%	35%		0,00530	7,67	1447,511205		7,47	1409,766	
P	P1	0%	5%		0,00530	8,555	1614,531729	1594,72	8,35	1575,843	1556,342
	P2	0%	5%		0,00530	8,455	1595,659354		8,24	1555,084	
	P3	0%	5%		0,00530	8,34	1573,956122		8,15	1538,099	
SP	SP1	35%	5%		0,00530	6,98	1317,291814	1276,72	6,78	1279,547	1235,512
	SP2	35%	5%		0,00530	6,78	1279,547063		6,55	1236,141	
	SP3	35%	5%		0,00530	6,535	1233,309743		6,31	1190,847	

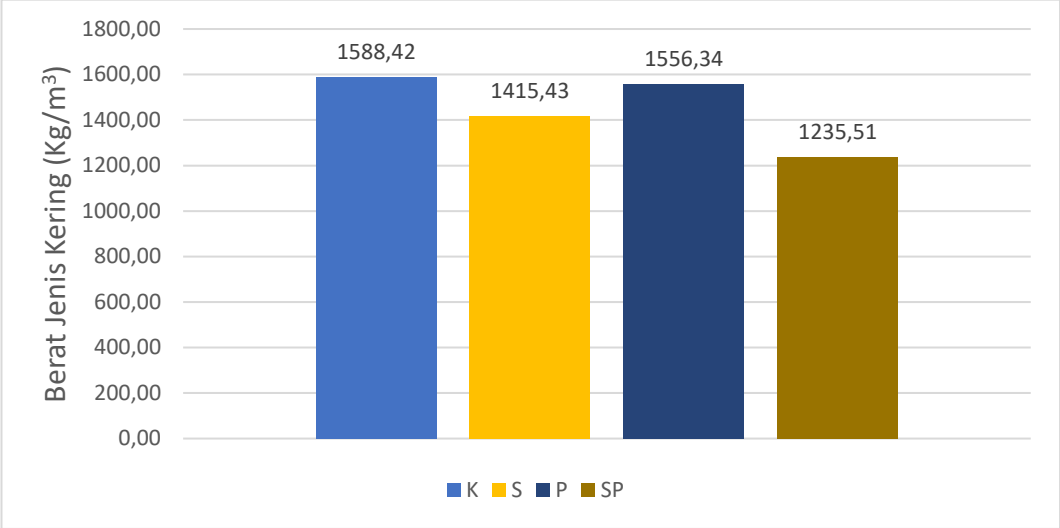
Dari pengujian yang didapatkan, berat jenis dari beton ponton dengan cetakan silinder saat basah dan kering untuk pengujian kuat tekan, pada umur 28 hari dengan tiap-tiap variasi campuran yang di gunakan.



Gambar 4.2 Grafik rata-rata berat jenis basah beton ponton silinder

Dilihat dari gambar 4.1 diatas varian campuran yang ringan dalam berat jenis beton ponton silinder ada pada varian SP (beton ponton styrofoam dan perlite) dengan berat jenisnya yaitu 1276,71 kg/m^3. Dan varian terberat adalah di variasi K

(beton ponton kontrol) yang dimana ini merupakan varian kontrol dalam penelitian yang dimana berat jenisnya yaitu di 1623,65 kg/m^3.



Gambar 4.3 Grafik rata-rata berat jenis kering beton ponton silinder

Sama halnya dengan grafik dari berat rata-rata berat jenis basah, pada grafik rata-rata berat kering juga variasi terendahnya ada pada variasi campuran SP (beton ponton styrofoam dan perlite) dengan berat 1235,51 kg/m^3.

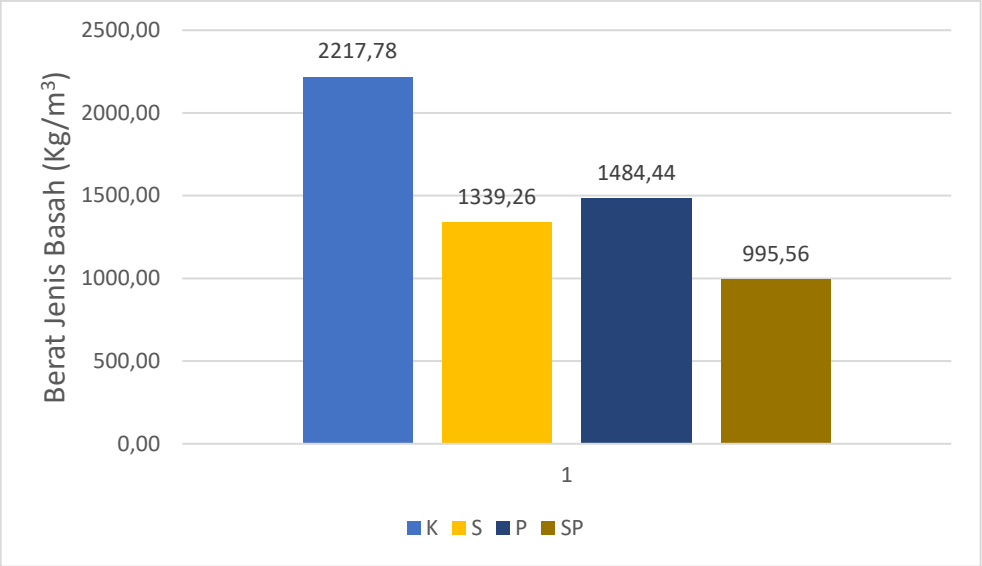
4.6.2. Berat Jenis Beton Ponton Slab

Berikut merupakan hasil dari berat jenis basah dan kering pada beton ponton slab yang sudah dilakukan perawatan selama 28 hari.

Tabel 4.13 Berat Jenis beton ponton silinder

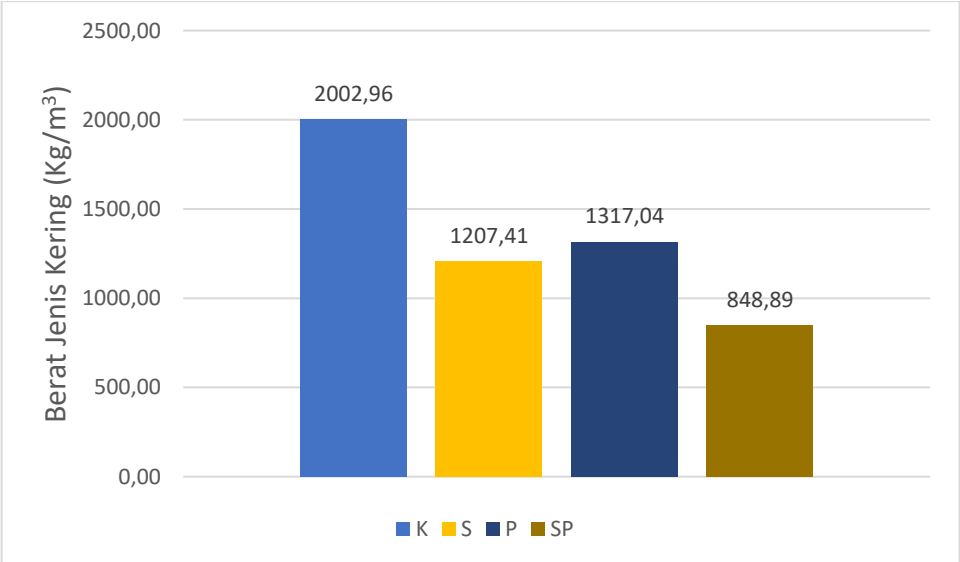
KODE		VARIASI CAMPURAN		BENTUK CETAKAN	VOLUME SLAB	BERAT BASAH	BERAT JENIS BASAH	BERAT JENIS RATA-RATA	BERAT KERING	BERAT JENIS KERING	BERAT JENIS KERING RATA-RATA
1		2		3	4	5	6=4/5	7	8	9	10
		STYROFOAM	PERLITE								
K	K1	0%	0%	SLAB 15X15X5	0,00113	2,36	2097,778	2217,78	2,11	1875,556	2002,96
	K2	0%	0%		0,00113	2,55	2266,667		2,32	2062,222	
	K3	0%	0%		0,00113	2,575	2288,889		2,33	2071,111	
S	S1	35%	35%		0,00113	1,59	1413,333	1339,26	1,42	1262,222	1207,41
	S2	35%	35%		0,00113	1,49	1324,444		1,325	1177,778	
	S3	35%	35%		0,00113	1,44	1280		1,33	1182,222	
P	P1	0%	5%		0,00113	1,71	1520	1484,44	1,52	1351,111	1317,04
	P2	0%	5%		0,00113	1,68	1493,333		1,49	1324,444	
	P3	0%	5%		0,00113	1,62	1440		1,435	1275,556	
SP	SP1	35%	5%		0,00113	1,16	1031,111	995,56	0,99	880	848,89
	SP2	35%	5%		0,00113	1,11	986,6667		0,985	875,5556	
	SP3	35%	5%		0,00113	1,09	968,8889		0,89	791,1111	

Dari pengujian yang didapatkan, berat jenis dari beton ponton dengan cetakan slab saat basah dan kering untuk pengujian kuat tekan, pada umur 28 hari dengan tiap-tiap variasi campuran yang di gunakan.



Gambar 4.4 Grafik rata-rata berat jenis basah beton slab

Dilihat dari gambar 4.4 diatas varian campuran yang ringan dalam berat jenis beton ponton silinder ada pada varian SP (beton ponton styrofoam dan perlite) dengan berat jenisnya yaitu 995,55 kg/m^3. Dan varian terberat adalah di varian K (beton ponton kontrol) yang dimana ini merupakan varian kontrol dalam penelitian yang dimana berat jenisnya yaitu di 2217,78 kg/m^3.



Gambar 4.5 Grafik rata-rata berat jenis kering beton slab

Sama halnya dengan grafik dari berat rata-rata berat jenis basah, pada grafik rata-rata berat kering juga variasi terendahnya ada pada variasi campuran SP (beton ponton styrofoam dan perlite) dengan berat 848,89 kg/m^3.

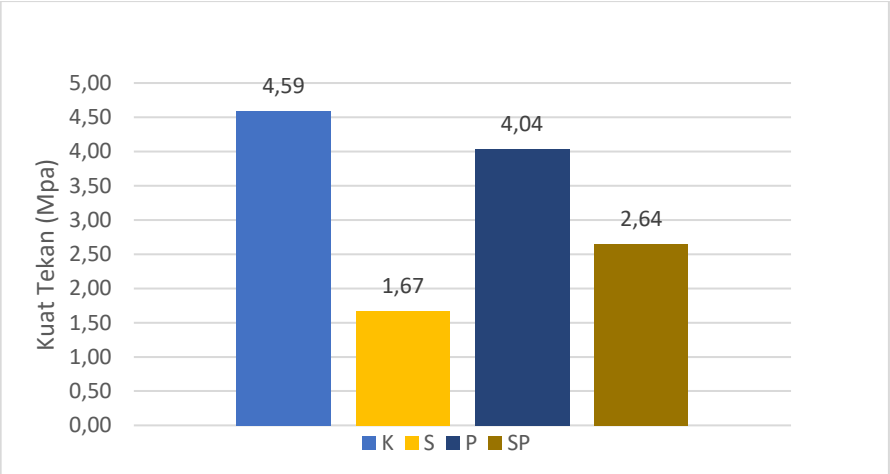
4.7. Pengujian Kuat Tekan

Berikut merupakan hasil kuat tekan pada benda uji silinder 15x30cm dengan perawatan perendaman selama 28 hari

Tabel 4.14 Hasil Uji Kuat Tekan

KODE		VARIASI CAMPURAN		VOLUME SILINDER	LUAS PENAMPANG (MM)	TON	kN	Kuat Tekan (Mpa)	RATA-RATA
		2							
1		STYROFOAM	PERLITE	3	4	5	7	8	9
K	K1	0%	0%	0,00530	17622,5	9	88,29	5,01	4,59
	K2	0%	0%			7,5	73,58	4,18	
	K3	0%	0%			8,25	80,93	4,59	
S	S1	35%	0%			3	29,43	1,67	1,67
	S2	35%	0%			3,75	36,79	2,09	
	S3	35%	0%			2,25	22,07	1,25	
P	P1	0%	5%			7,5	73,58	4,18	4,04
	P2	0%	5%			6,75	66,22	3,76	
	P3	0%	5%			7,5	73,58	4,18	
SP	SP1	35%	5%			4,5	44,15	2,51	2,64
	SP2	35%	5%			5,25	51,50	2,92	
	SP3	35%	5%			4,5	44,15	2,51	

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 3 ditiap variasinya, pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan mesin kuat tekan (compression testing machine) sehingga dapat diperoleh beban maksimum saat beton mengalami kehancuran.



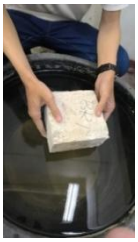
Gambar 4.6 Grafik rata-rata kuat tekan tiap variasi

Berdasarkan hasil pengujian, beton ponton kontrol (K) memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 4,59 MPa. Penambahan 35% styrofoam pada beton ponton styrofoam (S) menyebabkan kuat tekan menurun menjadi 1,67 MPa karena styrofoam memiliki massa jenis yang sangat rendah dan permukaan yang kurang mampu berikatan dengan pasta semen, sehingga terbentuk lebih banyak rongga di dalam beton yang mengurangi kepadatannya. Sementara itu, penambahan 5% perlite pada beton ponton perlite (P) menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 4,04 MPa. Pada variasi kombinasi styrofoam 35% dan perlite 5% (SP), kuat tekan meningkat menjadi 2,64 MPa dibandingkan variasi styrofoam saja. Hal ini menunjukkan bahwa perlite membantu mengisi sebagian rongga dalam campuran sehingga ikatan antar material menjadi lebih baik, meskipun kuat tekan yang dihasilkan masih lebih rendah dibandingkan beton kontrol.

4.8. Pengujian Apung

Pada pengujian apung ini menggunakan hukum archimedes yang dimana benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida (zat cair atau gas) akan mengalami gaya ke atas (gaya apung) yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan atau didesak oleh benda tersebut.

Tabel 4.15 Hasil Uji Apung

Kode Variasi	Gambar Uji Apung	Keterangan Hasil Uji apung
K		Tenggelam
S		Tenggelam secara perlahan

Tabel 4.15: *Lanjutan*

P		Tenggelam
SP		Tenggelam secara perlahan

Dari hasil pengujian masi belum dapat benda uji yang masi terapung di tiap variasi walau di beberapa variasi sudah mencapai berat rencana 1000 kg/m^3. Walau begitu pada vairasi S dan SP mengalami tenggelam secara perlahan hingga akhirnya menyentuh dasar dari wadah tempat uji apung tersebut. Jika di lihat kenapa sampel masi belum terapung karena masi adanya pori pada benda uji yang membuat benda uji tenggelam.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada studi eksperimental campuran perlite dan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar pada karakteristik beton ponton, dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dengan beton kontrol (K) sebagai acuan, penambahan S (styrofoam 35%), P (perlite 5%), dan (styrofoam 35% dan perlite 5%) mampu menurunkan berat jenis beton. Pada benda uji silinder, variasi S menurunkan berat jenis basah dan kering masing-masing sebesar 17,51% dan 23,99%, variasi P sebesar 8,57% dan 17,08%, sedangkan variasi SP sebesar 21,36% dan 22,22%. Pada benda uji slab, variasi S menurunkan berat jenis sebesar 39,61% (basah) dan 39,72% (kering), variasi P sebesar 33,07% dan 34,25%, sedangkan variasi SP menghasilkan penurunan terbesar, yaitu 55,11% dan 57,62%. Dengan demikian, kombinasi styrofoam dan perlite (SP) merupakan variasi paling efektif dalam menurunkan berat jenis beton.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dengan beton kontrol (K) sebesar 4,59 MPa sebagai acuan, variasi S (styrofoam 35%) mengalami penurunan kuat tekan terbesar, yaitu sebesar 63,62%. Penurunan tersebut disebabkan oleh penggunaan styrofoam yang memiliki massa jenis rendah sehingga mengurangi kepadatan beton dan menghasilkan lebih banyak rongga, yang menyebabkan ikatan antara pasta semen dan agregat menjadi kurang optimal. Variasi P (perlite 5%) mengalami penurunan kuat tekan sebesar 11,98%, sedangkan variasi SP (styrofoam 35% dan perlite 5%) mengalami penurunan sebesar 42,48% dibandingkan beton kontrol. Meskipun demikian, variasi SP menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 58,08% dibandingkan variasi S. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan perlite membantu memperbaiki struktur campuran dengan mengurangi pengaruh rongga yang ditimbulkan oleh styrofoam, sehingga kuat tekan meningkat meskipun masih lebih rendah dibandingkan beton kontrol.

3. Hasil pada pengujian apung menunjukan bahwa tiap variasi benda uji (K,S,P,SP) belum mampu terapung mesikpun pada beberapa variasi telah mencapai berat rencana 1000 kg/m³. Variasi K dan P langsung tenggelam, sedangkapn variasi S dan SP tenggelam secara perlahan. Hal ini membuktikan penambahan styrofoam memberikan hasil positif terhadap daya apung beton ponton. Namun seluruh benda uji belum terapung sempurna karna masi adanya pori pada campuran beton yang membuat air terserap kedalam beton dan menambah beratnya dan mengurangi gaya apung sesuai perinsip archmedes.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di lakukan, berikut saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi persentase styrofoam dan perlite yang lebih optimal, guna mendapatkan komposisi yang mampu menyeimbangkan antara kuat tekan yang memadai dan daya apung yang maksimal.
2. Mengingat pori-pori pada benda uji menjadi faktor utama penghambat daya apung, disaranka untuk menggunakan pemadatan yang lebih baik atau menambahkan bahan tambahan yang dapat mengurangi rongga udara dalam campuran beton
3. Untuk mengatasi air yang masuk ke dalam pori beton dapat dipertimbangkan penggunaan lapisan perlindung atau bahan kedap air pada permukaan beton ponton agar air tidak mudah masuk dan daya apung lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Abed, A. T., & Éva, L. (2025). A comprehensive study of perlite in building materials: balancing sustainability and performance. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *150*(14), 10627–10643. https://doi.org/10.1007/s10973-025-14410-6

Agrawal, Y., Gupta, T., Sharma, R., Panwar, N. L., & Siddique, S. (2021). A Comprehensive Review on the Performance of Structural Lightweight Aggregate Concrete for Sustainable Construction. In *Construction Materials* (Vol. 1, Number 1, pp. 39–62). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/constrmater1010003

Alwiyah, S., Akbar, W., Dewi, S. H., & Ardiansyah, R. (2025a). Pemanfaatan Perlite Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Pada Beton. *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, *5*(2), 77–86. https://doi.org/10.35583/jice.v5i2.111

Alwiyah, S., Akbar, W., Dewi, S. H., & Ardiansyah, R. (2025b). Pemanfaatan Perlite Dalam Meningkatkan Kuat Tekan Pada Beton. *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, *5*(2), 77–86. https://doi.org/10.35583/jice.v5i2.111

Cahyono, D. B., Adi, H. P., Wahyudi, S. I., & Pratikso. (2022). Lightweight concrete as covers on floating house platforms made from expanded polystyrene system (EPS) material. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *955*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/955/1/012012

Chen, B., & Liu, J. (2004). Properties of lightweight expanded polystyrene concrete reinforced with steel fiber. *Cement and Concrete Research*, *34*(7), 1259–1263. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.12.014

Concu, G., Zucca, M., Stochino, F., Valdes, M., & Maltinti, F. (2025). The Use of Perlite and Rhyolite in Concrete Mix Design: Influence on Physical-Mechanical and Environmental Performance. *Technologies*, *13*(6). https://doi.org/10.3390/technologies13060224

Darmajaya, T. A. D., & Supriyadi, B. (2025). Penerapan Teknologi Self-healing pada Beton Ringan: Tinjauan Literatur. *Jurnal Teknik Sipil*, *32*(2), 273–284. https://doi.org/10.5614/jts.2025.32.2.14

Dina, I., Arry Pratama, I., Gede, I., & Sutrisna, U. H. (2025). *Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Ringan Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.680

Huang, Z., Wang, F., Zhou, Y., Sui, L., Krishnan, P., & Liew, J. Y. R. (2018). A novel, multifunctional, floatable, lightweight cement composite: Development and properties. *Materials*, *11*(10). https://doi.org/10.3390/ma11102043

Hulwane, V. T., Patil, V. S., Patil, V. M., Shekhar, J. P., Thorat, A. P., & Kavthekar, H. H. (2024). *AN EXPERIMENTAL STUDY OF FLOATING CONCRETE* (Vol. 12). www.ijcrt.org

Jiang, D., Tan, K. H., Wang, C. M., Ong, K. C. G., Bra, H., Jin, J., & Kim, M. O. (2018). Analysis and design of floating prestressed concrete structures in shallow waters. In *Marine Structures* (Vol. 59, pp. 301–320). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2018.01.006

Longwell. (n.d.). *Expanded Polystyrene Foam Machine Factory*.

Luh Ari Anjarsari, Arif Surtono, & Amir Supriyanto. (2015). Desain Dan Realisasi Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Berdasarkan Hukum Archimedes Menggunakan Sensor Fotodioda. In *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 03, Number 02).

marinetek. (n.d.). *All-Concrete*.

Mohamad, N., Nik, Z., Zaid, M., & Mohamed, M. (2022). *Experimental Study on Strength and Buoyancy of Lightweight Concrete Containing Sustainable Materials*. *2*(2), 167–174. https://doi.org/10.30880/ritvet.2022.02.02.019

Mumayyizah, rifatul, Aprillia Karisma, D., & Bima Mahardana, Z. (2025). Optimasi Substitusi Expanded Polystyrene (EPS) sebagai Agregat Kasar dalam Beton Ringan Non-Struktural. *Jurnal Civil Engineering Study*, *5*(2), 283. https://doi.org/10.34001/jces

Nugraha, P., Eric Mamby, H., Kunci, K., Ringan, B., & Perlit, E. (n.d.). *Prosiding Teknik Pertambangan*.

Nugraha, P., Eric Mamby, H., Kunci, K., Ringan, B., & Perlit, E. (2019). *Studi Eksperimental Pemanfaatan Expanded Perlit sebagai Bahan Beton Ringan*. *5*, 255–262.

Ode, T., Sahusilawane, T., & Marantika, M. (2024). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Journal Agregate*, *3*, 1–6.

Perlite institute. (n.d.). *Perlite: The Most Sustainable Insulation Solution for Buildings*.

Rd, E. A., Rangan, P. R., & Palembangan, M. (2022). Analisis Kinerja Beton Berpori. *Journal Dynamic SainT*, *7*(2).

Resuloğulları, D., Kayadelen, C., Serin, S., & Altay, G. (2025). Evaluation of expanded polystyrene as a lightweight material in road construction under cyclic loading. *Transportation Geotechnics*, *55*. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2025.101717

Rosdiyani, T., & Syahri. (2021). *Kuat Tekan Beton Fc'19 Mpa Menggunakan Campuran Styrofoam*. *4*. https://doi.org/10.30737/jurmateks

Roy, A., Wagle, R., Vaghasiya, R., & Wadekar, P. (2019). Floating Construction. *International Journal for Research and Innovation*, *1*(2). www.viva-technology.org/New/IJRI

Sarjano, B. T. A., Aswadi, L. S., & Yuwana, D. S. A. (2025). The Effect of Compressive Strength of Concrete with Styrofoam Waste Cement Coating on Acid Solution and Water Permeability. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, *7*(1), 8–16. https://doi.org/10.26740/proteksi.v7n1.p8-16

Satyavathi, M., RadhaKrishna, V., & Kumar, D. P. (2024). An Experimental Study on Floating Concrete. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 721–726. https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24may1020

Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *2337-6732*, *8*, 635–644.

Szlachetka, O., Dzięcioł, J., & Dohojda, M. (2024). Mechanical Properties of Perlite Concrete in Context to Its Use in Buildings' External Walls. *Materials*, *17*(23). https://doi.org/10.3390/ma17235790

Triastuti, & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Agustus*, *24*(2). https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4

Tsardaka, E. C., Tsampali, E., & Stefanidou, M. (2024). Assessment of perlite by-product as pozzolanic material in cement pastes. *Journal of Building Engineering*, *91*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109513

Zulkarnain, F. (2021). *TEKNOLOGI BETON* (Sulasmi Imelda, Ed.). UMSU PRESS. http://umsupress.umsu.ac.id

LAMPIRAN

A. PERHITUNGAN KUAT TEKAN

1. Perhitungan Kuat Tekan Beton Ponton Kontrol(K)

K 1

- Beban = 9 Ton × 9,81 = 88,29 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{88{,}29 \times 1000}{17622{,}5} = 5{,}01 \text{ Mpa}$$

K 2

- Beban = 7,5 Ton × 9,81 = 73,58 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{73{,}58 \times 1000}{17622{,}5} = 4{,}18\ Mpa$$

K 3

- Beban = 8,25 Ton × 9,81 = 80,93 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{80{,}93 \times 1000}{17622{,}5} = 4{,}59\ Mpa$$

2. Perhitungan Kuat Tekan Beton Ponton Styrofoam (S)

S 1

- Beban = 3 Ton × 9,81 = 29,43 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{29{,}43 \times 1000}{17622{,}5} = 1{,}67\ Mpa$$

S 2

- Beban = 3,75 Ton × 9,81 = 36,79 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{36{,}79 \times 1000}{17622{,}5} = 2{,}09\ Mpa$$

S 3

- Beban = 2,25 Ton × 9,81 = 22,07 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{22{,}07 \times 1000}{17622{,}5} = 1{,}25\ Mpa$$

3. Perhitungan Kuat Tekan Beton Ponton Perlite (P)

BRP 1

- Beban = 7,5 Ton × 9,81 = 73,58 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{73{,}58 \times 1000}{17622{,}5} = 4{,}18\ Mpa$$

BRP 2

- Beban = 6,75 Ton × 9,81 = 66,22 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{62{,}22 \times 1000}{17622{,}5} = 3{,}76Mpa$$

BRP 3

- Beban = 7,5 Ton × 9,81 = 73,58 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{73{,}58 \times 1000}{17622{,}5} = 4{,}18\ Mpa$$

4. Perhitungan Kuat Tekan Beton Ponton Styrofoam Dan Perlite (SP)

SP 1

- Beban = 4,5 Ton × 9,81 = 44,15 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{44{,}15 \times 1000}{17622{,}5} = 2{,}51\ Mpa$$

SP 2

- Beban = 5,25 Ton × 9,81 = 51,50 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{51{,}50 \times 1000}{17622{,}5} = 2{,}92\ Mpa$$

SP 3

- Beban = 4,5 Ton × 9,81 = 44,15 kN
- Luas Penampang = 17622,5 mm^2
- Kuat tekan beton $= \frac{P}{A}$

$$= \frac{44{,}15 \times 1000}{17622{,}5} = 2{,}51\ Mpa$$

5. Rata-rata kuat tekan tiap variasi

- Beton Ponton Kontrol (K)

$$\frac{5{,}01 + 4{,}18 + 4{,}59}{3} = 4{,}59$$

- Beton Ponton Styrofoam (S)

$$\frac{1{,}67 + 2{,}09 + 1{,}25}{3} = 1{,}67$$

- Beton Ponton Perlite(BRP)

$$\frac{4{,}18 + 3{,}76 + 4{,}18}{3} = 4{,}04$$

- Beton Ponton Styrofoam dan Perlite (SP)

$$\frac{2{,}51 + 2{,}92 + 2{,}51}{3} = 2{,}64$$

B. DOKUMENTASI SAAT PELAKSANAAN



Gambar L-1: Pemeriksaan Slump



Gambar L-2: Beton Silinder



Gambar L-3: Beton Slab



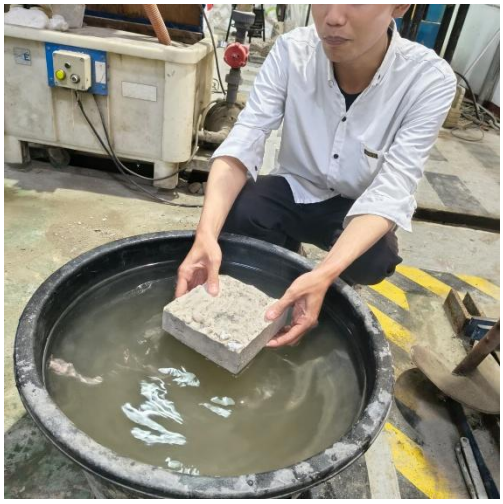
Gambar L-4: Perawatan Beton



Gambar L-5: Pembuatan benda uji



Gambar L-6: Uji Kuat Tekan



Gambar L-7: Uji Apung

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lemgkap	: Muhammad Adriyan
Tempat Tanggal Lahir	: Sunggal, 17 November 2004
Jenis Kelamin	: Laki- Laki
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Persatuan II, Paya Geli, Kec. Sunggal, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara 20351
Nomor Hp	: +6285119951675
Nama Ayah	: Muhammad Toha
Nama Ibu	: Iriyanti

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM	: 2207210010
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	: SD Negri 027950	2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 7 Binjai	2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: SMA Negeri 5 Binjai	2019-2022

ORGANISASI

Angota Kominfo Relawan Perpustakaan UMSU	2023-2025
Kepala Corner Relawan Perpustakaan UMSU	2025-2026
Anggota UMSU Debating Society	2023-2024