

SKRIPSI

**ANALISIS SUBSTITUSI AGGREGAT KASAR DENGAN LIMBAH BAN
PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Oleh :

YODI GUSTI FERNANDES

17.10.002.22201.094

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

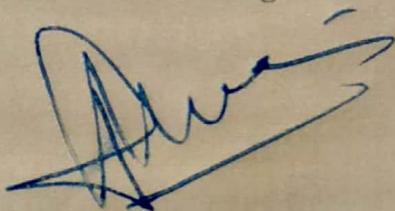
**ANALISIS SUBSTITUSI AGGREGAT KASAR DENGAN LIMBAH BAN
PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

Oleh:

YODI GUSTI FERNANDES

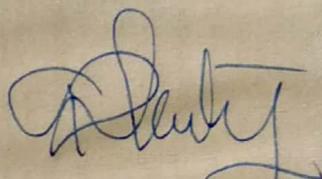
17.10.002.22201.094

Dosen Pembimbing I



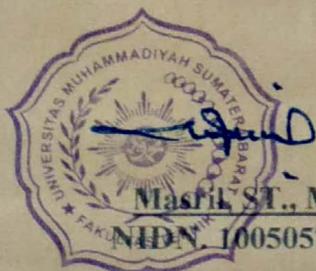
Ishak, ST., MT
NIDN. 1010047301

Dosen Pembimbing II



Ir. Ana Susanti Yusman, M., Eng
NIDN. 1017016901

Dekan Fakultas Teknik



Masrik, ST., MT
NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana, MT., IPP
NIDN. 1016026603

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

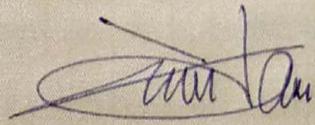
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2021

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 22 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 22 Agustus 2021
Mahasiswa



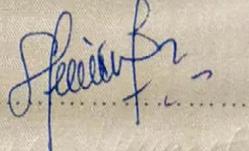
Yodi Gusti Fernandes
171000222201094

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 22 Agustus 2021

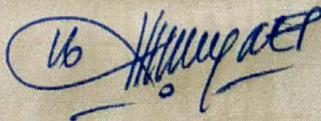
1. Ir. Surya Eka Priana M.T., IPP

1. 

2. Selpa Dewi, S.T., M.T

2. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana M.T., IPP
NIDN. 1016026603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yodi Gusti Fernandes
Tempat dan Tanggal Lahir : Lubuk Alai, 12 Agustus 1997
NIM : 171000222201094
Judul Skripsi : Analisis Substitusi Agregat Kasar Dengan Limbah Ban Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 22 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,




Yodi Gusti Fernandes
171000222201094

ABSTRAK

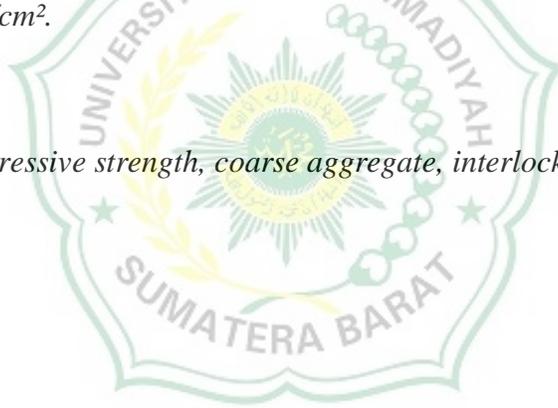
Dalam ilmu teknik sipil inovasi sangat dibutuhkan terutama untuk mengatasi permasalahan yang ada, salah satunya masalah dampak lingkungan yang diakibatkan dari penggunaan agregat atau bahan dari alam yang tidak dapat diperbarui dengan cara pemanfaatan limbah ban karet sebagai bahan campuran beton. Kenapa limbah ban karet dipilih sebagai bahan campuran karena mengingat di Indonesia limbah ban karet sangat banyak, dengan adanya pengolahan limbah ini tentu akan mengurangi sampah yang dihasilkan dari limbah ban karet. Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dikemukakan masalah sebagai berikut : pengaruh penambahan limbah ban karet sebagai bahan penyusun beton terhadap berat jenis dan kuat tekan, persentase limbah ban karet yang digunakan sebanyak 5%, 10%, dan 15% dari volume agregat kasar, pembuatan sampel menggunakan kubus 15cm x 15cm x 15cm sebanyak 9 buah sampel dengan umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kualitatif (penelitian di labor Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat). Dengan mengganti sebagian agregat kasar menggunakan limbah ban bekas sebanyak 5% menghasilkan kuat tekan 141,01 kg/cm² , 10% menghasilkan kuat tekan 137,44 kg/cm² , dan 15% menghasilkan kuat tekan 110,66 kg/cm² di umur 28 hari. Yang mana dengan campuran limbah ban bekas membuat kuat tekannya menurun dari beton normal yang kuat tekannya 251,67 kg/cm² di umur 28 hari. Tetapi kuat tekan beton normal meningkat dari mutu beton yang direncanakan yaitu K-250 menjadi 251,67 kg/cm².

Kata kunci : kuat tekan, agregat kasar, interlocking, limbah ban karet.

ABSTRACT

In civil engineering, innovation is needed, especially to overcome existing problems, one of which is the problem of environmental impacts resulting from the use of aggregates or materials from nature that cannot be renewed by utilizing waste rubber tires as a concrete mixture. This is because considering that there is a lot of waste rubber tires in Indonesia, with this waste treatment it will certainly reduce the waste generated from waste rubber tires. type and compressive strength, the percentage of waste rubber tires used is 5%, 10%, and 15% of the volume of coarse aggregate, making samples using cubes of 15cm x 15cm x 15cm as many as 9 samples with a concrete age of 7 days, 14 days, and 28 day. The method used in this study is a qualitative method (research at the laboratory of the Muhammadiyah University of West Sumatra). By replacing some of the coarse aggregate using waste tires as much as 5% produces a compressive strength of 141.01 kg/cm², 10% produces a compressive strength of 137.44 kg/cm², and 15% produces a compressive strength of 110.66 kg/cm² at the age of 28 days. .Which with a mixture of waste tires makes the compressive strength decrease from normal concrete which has a compressive strength of 251.67 kg/cm² at the age of 28 days. But the compressive strength of normal concrete increases from the planned concrete quality, namely K-250 to 251.67 kg/cm².

Keywords : *compressive strength, coarse aggregate, interlocking, waste rubber tires.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moral, doa dan kasih sayang
2. Bapak Masril, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S. Kom, M.Kom selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Ir. Surya Eka Priana. M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil;
5. Bapak Ishak S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Ishak S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Ibu Ir. Ana Susanti Yusman, M. Eng selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Rekan-rekan jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, 12 Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Beton.....	5
2.2 Material Pembentuk Beton.....	7
2.3 Kuat Tekan Beton.....	12
2.4 Prosedur Penelitian.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	24
3.2 Data Penelitian.....	24
3.3 Alat Dan Bahan Penelitian.....	25
3.4 Jenis Penelitian.....	26
3.5 Metode Analisis Data.....	27
3.6 Pemeriksaan Berat Isi Beton.....	27

3.7	Pengujian <i>Slump</i>	27
3.8	Pembuatan Benda Uji	28
3.9	Bagan Alir Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusutan Beton.....	30
4.2	Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	38
4.3	Pengujian Kuat Tekan Beton	40
4.4	Pembahasan.....	42
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Gradasi Standar Agregat Kasar Alam
	Berdasarkan ASTM C33-78 8
Tabel 2.2	Unsur Kimia Dalam Ban Karet 12
Tabel 2.3	Kapasitas Wadah Baja 15
Tabel 2.4	Perhitungan Perencanaan Campuran Beton 21
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Semen Hidrolis 30
Tabel 4.2	Hasil Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis 30
Tabel 4.3	Waktu Pengikatan Awal Semen Hidrolis 30
Tabel 4.4	Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar 31
Tabel 4.5	Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus 31
Tabel 4.6	Analisis Saringan Agregat Kasar 32
Tabel 4.7	Analisis Saringan Agregat Halus 33
Tabel 4.8	Pengujian Agregat Lolos Saringan No. 200 34
Tabel 4.9	Pemeriksaan Kadar Lumpur 35
Tabel 4.10	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar 35
Tabel 4.11	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus 36
Tabel 4.12	Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar 36
Tabel 4.13	Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus 37
Tabel 4.14	Perkiraan Campuran Beton $f_c' 20,75$ MPa 38
Tabel 4.15	Komposisi Unsur Beton Campuran Ban Karet 40
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal $f_c 20,75$ 40
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 5% 41
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 10% 41
Tabel 4.19	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 15% 42

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 4.1	Grafik Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar	33
Gambar 4.2	Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	42
Gambar 4.3	Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 5%	43
Gambar 4.4	Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 10%	44
Gambar 4.5	Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 15%	45
Gambar 4.6	Hasil Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 0%, 5%, 10% dan 15%	46



DAFTAR NOTASI

F_c'	= Kuat tekan beton (MPa)
A	= Luas penampang benda uji (mm^2)
P	= Beban tekan (N)
d	= Diameter silinder (mm)
r	= rusuk kubus (mm)
E_c	= Modulus Elastisitas Beton
Sd	= Deviasi Standar (MPa)
KN	= Kilo Newton
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
F_b	= Luas Pnampang Beton
E_c	= Modulus Elastisitas Beton
MPa	= Megapascal
V1	= Pembacaan pertama pada skala botol
V2	= Pembacaan kedua pada skala botol
SNI	= Standar Nasional Indonesia
a'	= Jarak Bagian Beton



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Infrastruktur di Indonesia sampai sekarang sebagian besar menggunakan beton sebagai bahan konstruksi. Beton biasanya diaplikasikan pada pondasi, kolom, balok, plat lantai, gorong-gorong, dan bendungan. Secara umum beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air serta dapat dicampurkan bahan tambah yang mampu meningkatkan kinerja dan mutu beton. Diperlukan suatu rencana campuran beton dengan syarat tertentu untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan. Maka dari itu perlunya ketersediaan bahan pada saat pembuatan struktur bangunan, apalagi bahan campuran yang sifatnya diambil dari alam salah satunya adalah agregat kasar. Pemakaian agregat kasar banyak digunakan dalam bahan campuran beton sedangkan ketersediaannya semakin terbatas apabila agregat kasar dari alam terus menerus diambil maka akan berpengaruh terhadap aspek lingkungan yang ada. Oleh karena itu, pemakaian agregat kasar yang sifatnya dari alam sebaiknya dibatasi dan digantikan dengan bahan jenis lainnya berupa pemanfaatan limbah padat.

Penggunaan limbah padat sebagai substitusi material pada industri beton bukanlah hal yang baru. Penggunaan limbah padat sebagai pengganti agregat pada beton beberapa tahun belakangan ini semakin meningkat sebagai solusi yang cukup menjanjikan untuk mengurangi limbah padat yang bersifat anorganik (Orde, P, L, 2015). Limbah padat yang merupakan limbah anorganik ialah limbah yang sulit diuraikan oleh alam dengan sifatnya yang tidak mudah hancur dengan sendirinya maupun oleh tangan manusia misalhnya dibakar dan bersifat tahan lama yang tidak akan membusuk. Jika dibakarpun akan menimbulkan polusi udara yang dapat membahayakan kesehatan dan juga lingkungan sekitarnya. Salah satu contoh limbah anorganik adalah limbah ban karet.

Limbah ban karet ialah limbah ban bekas kendaraan yang tidak terpakai lagi, yang mana limbah ban karet ini semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kebutuhan seseorang untuk memiliki kendaraan disuatu daerah. Jika limbah dari ban karet terus dibiarkan tanpa adanya pemanfaatan kembali maka akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Maka dari itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi dengan cara memanfaatkan limbah ban karet sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam campuran beton. Limbah ban karet memiliki sifat yang tahan terhadap air, memiliki sifat fleksibilitas dan lentur yang baik serta dapat meredam getaran (Griya S. T. H,2015).

Limbah ban karet sebagai bahan campuran beton menjadi alternatif modern yang akan digunakan dengan tujuan dapat mereduksi pengeluaran biaya, mengatasi pencemaran lingkungan, mengurangi jumlah limbah ban karet yang ketersediaanya semakin bertambah setiap tahun dan dapat meningkatkan kekuatan tekan terhadap beton. Pemanfaatan limbah ban karet khususnya di Kota Bukittinggi sangat terbatas dibandingkan dengan kota-kota besar yang sudah banyak memanfaatkan limbah-limbah bekas yang tidak terpakai lagi. Mengingat hal itu, peneliti akan melakukan suatu penelitian dengan memanfaatkan limbah ban karet sebagai bahan campuran beton yang belum pernah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Dengan mengetahui uraian diatas mengenai limbah ban karet , maka peneliti mengangkat dengan judul : “Analisis substitusi agregat kasar dengan limbah ban pada campuran beton terhadap kuat tekan beton”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat kemudahan pengerjaan beton dengan menggunakan limbah ban karet sebagai bahan substitusi agregat kasar.
2. Bagaimana kuat tekan beton dengan menggunakan limbah ban karet sebagai bahan substitusi agregat kasar.

1.3 Batasan Masalah

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dilakukan percobaan di laboratorium dengan batasan masalah sebagai berikut ;

1. Menggunakan limbah ban karet yang dipotong dengan ukuran (1x1x1,5cm) dengan variasi substitusi limbah ban karet sebesar 5% 10% 15% dari volume agregat kasar.
2. Semen yang digunakan adalah semenn *portland* tipe I merek semen Padang.
3. Air yang digunakan adalah air sumur dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
4. Pengujian yang akan dilakukan pada beton adalah kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan persentase variasi limbah ban karet 5%, 10%, 15%.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak di dapat dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan limbah ban karet sebagai bahan substitusi agregat kasar.
2. Mengetahui karakteristik campuran beton dengan variasi kadar limbah ban karet dengan beton normal.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengetahuan yang baru bagi penulis dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.
2. Mempelajari dan memahami komposisi campuran beton dan alternatif pemilihan bahan pengganti yaitu dengan memanfaatkan limbah ban karet sebagai substitusi agregat kasar.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas dasar teori yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas cara melakukan persiapan, pelaksanaan, dan pengujian yang dilakukan selama penelitian serta hasil uji pada sampel.

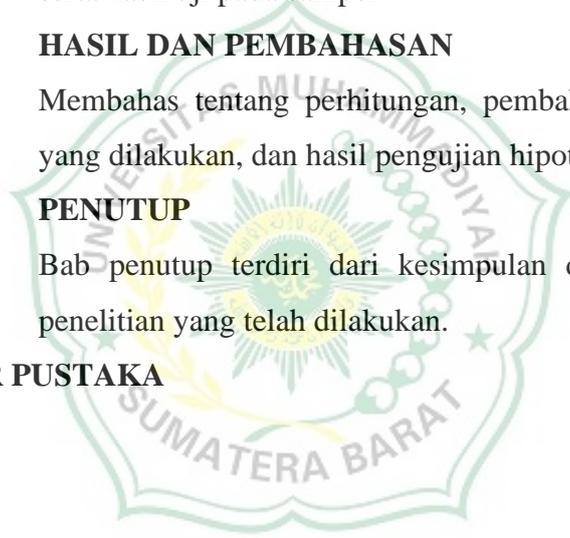
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang perhitungan, pembahasan hasil penelitian yang dilakukan, dan hasil pengujian hipotesis.

BAB V PENUTUP

Bab penutup terdiri dari kesimpulan dan sari dari seluruh penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Berdasarkan pasal 3.12 SNI-03-2847 (2002), beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2.200 kg/m³ sampai 2.500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah sedangkan beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1.900 kg/m³.

Mutu beton normal yang memiliki berat volume ± 2400 kg/m³ dan paling banyak dipakai sebagai tujuan struktural dibagi 3 kategori berdasarkan kekuatan tekan yaitu:

1. Beton mutu rendah: kurang dari 20 Mpa
2. Beton moderat: 20 – 40 Mpa
3. Beton berkekuatan tinggi: lebih dari 40 Mpa

Beton mutu moderat biasa disebut beton normal, biasanya dipakai untuk pekerjaan struktural. Beton berkekuatan tinggi dipakai untuk pekerjaan spesial untuk konstruksi beton prategang.

Beton merupakan bahan yang dapat disiapkan dalam jumlah banyak untuk suatu pekerjaan konstruksi yang membutuhkan material dalam jumlah besar. Oleh karena itu beton menjadi bahan yang sangat dibutuhkan dan sering digunakan untuk sebagian besar pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan bahan struktur lain.

Beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampur semen portland, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kemudahan dalam pengerjaan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi.
2. Ketahanan kondisi lingkungan khusus (kedap air dan korosi).
3. Memenuhi kekuatan yang hendak di capai.

Beton mempunyai kuat tekan jauh lebih besar dibandingkan kuat tariknya. Sehingga selalu diperlukan perkuatan tulangan baja pada daerah tariknya menjadi beton bertulang untuk struktur bangunan. Beton bertulang bias dipakai untuk hampir semua bangunan termasuk struktur yang lebih berat. Sedangkan beton non-struktural bias digunakan untuk beton isolasi dan beton arsitektural. Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan .

Kelebihan beton antara lain :

1. Harganya relatif murah.
2. Mampu memikul beban berat.
3. Mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi.
4. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*)
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Beton yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen adalah berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tetapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidrasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidrolik yang biasanya paling lambat dipakai adalah semen portland (Pujo, 2010)

Semen portland dibuat dari bubuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenisnya berkisar antara 3,12 dan 3,16 (Nawi, 1998)

Bahan baku pembentuk semen adalah

1. Kapur (CaO) dari batu kapur
2. Silika (SiO_2) dari lempung
3. Alumina (Al_2O_3) dari lempung

Menurut SNI-15-7064-2004 Semen Portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari masa semen Portland komposit.

Semen Portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pemasangan batu, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya (SNI – 15-7064-2004).

Adanya perbedaan persentase senyawa kimia semen akan menyebabkan perbedaan sifat semen. Kandungan senyawa yang ada pada semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Dilihat dari susunan senyawanya, semen Portland dibagi dalam 5 jenis, yaitu:

1. Semen *Type I*, semen yang dalam penggunaannya tidak secara khusus (pemakaian secara umum). Biasanya digunakan pada bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. *Type II*, mengandung kadar C3A < 8 %. Semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen ini digunakan untuk bangunan dan konstruksi beton yang selalu berhubungan dengan air kotor, air tanah atau untuk pondasi yang tertanam di dalam tanah yang garam sulfat dan saluran air limbah atau bangunan yang berhubungan langsung dengan air tawar.
3. *Type III*, memiliki kadar C3S dan C3A yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase setelah pengikatan terjadi. Biasanya digunakan pada bangunan-bangunan di daerah yang bertemperatur rendah (musim dingin)
4. *Type IV*, kadar C3S maksimum 35 % dan C3A maksimum 5%. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah digunakan pada pekerjaan beton dalam volume besar (beton massa) dan masif, misalnya bendungan, pondasi berukuran besar dll.
5. *Type V*, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Biasanya digunakan pada limbah industri, bangunan yang terpengaruh oleh uap kimia dan gas agresif serta untuk pondasi yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat tinggi.

2.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat dalam adukan beton menempati volume yang terbesar $\pm \frac{3}{4}$ bagian atau 60% - 80%. Oleh

karena itu mutu agregat penting diketahui, karena agregat yang dipakai dalam campuran beton sangat mempengaruhi kekuatan betonnya. Agregat yang kuat akan menghasilkan beton yang kuat (Iskandar G.,Rani, 2009).

Penggolongan agregat berdasarkan ukuran butir nominal dapat dibedakan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB,1989:9.).

- a. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.00 mm (BS.812,1976).
- b. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.00 mm (BS.812,1976)

2.2.3 Agregat kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6mm). Sifat agregat kasar memengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap diintegrasi beton, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Nawi 1998).

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf.
2. Kerikil alami, berasal dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan, berupa *slag* dan *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, berupa agregat kasar yang diklasifikasikan misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

Sifat-sifat agregat kasar juga mempengaruhi lekatan antara agregat-mortar dan kebutuhan air pencampur. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki kekuatan yang tinggi. Batasan gradasi agregat kasar yang baik menurut ASTM C33-78 terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Diameter Ayakan	Persentase Lolos
25,4 mm (1'')	100
19,0 mm (3/4'')	95 – 100
9,50 mm (3/8'')	20 – 55
4,75 mm (No. 4)	0 – 10
2,36 mm (No. 8)	0 – 5

2.2.4 Agregat Halus

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau hasil pecahan batu. Ukurannya bervariasi antara antara No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Nawi, 1998) Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SK SNI 03-2847-2002).

Persyaratan pasir menurut PBI 1982 agar dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% atau bagian yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih besar dari 5% berat.
3. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
4. Agregat halus yang terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat berikut :

- Sisa di atas ayakan 4mm, harus minimum 2% berat
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
5. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
 6. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga tertentu.

2.2.5 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu air tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam zat, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.2.6 Limbah Ban Karet

merupaka limbah dari kendaraan roda dua yang sudah tidak layak pakai. Limbah ban karet di Indonesia saat ini masih dimanfaatkan untuk beberapa keperluan seperti tali, tempat sampah dan kerajinan kursi. Namun dalam beberapa tahun kedepan limbah ban karet akan menjadi sangat besar dibanding dengan pemakaian beberapa tahun yang relatif statis, sehingga kedepannya akan timbul masalah besar. Apabila tidak dicari terobosannya hal ini akan menjadi masalah yang cukup rumit.

Tabel 2.2 Unsur Kimia Dalam Ban Karet

Unsur Kimia	Persentase
Carbon	28%
Serat Baja	14-15%
Karet Alam	41%
Bahan Kimi Lainnya	16-17%

2.3 Kuat Tekan Beton

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Untuk standard pengujian kuat tekan digunakan SNI 03-6805-2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a.

$$K = P/A \dots\dots\dots \text{pers 2.1}$$

Dimana :

K= Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam newton (N)

A= Luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam cm²

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pemeriksaan Agregat

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu ruangan dengan berat volume air pada 4°C, yang volumenya sama dengan volume semen. Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan berat jenis semen adalah:

- a. Botol *Le chatelier*
- b. *Kerosin* bebas air dengan berat jenis 62 API (*American Petroleum Institute*)
- c. Semen ditimbang seberat 64 gram

Prosedur pemeriksaan berat jenis semen:

- a. Botol *Le Chatelier* diisi dengan *kerosin* sampai dengan skala 0 dan 1. Keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.
- b. Masukkan botol kedalam bak air sebagai usaha menjaga suhu yang konstan untuk menghindari variasi suhu botol yang lebih besar dari 0,2°C.
- c. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol
- d. Masukkan contoh semen sedikit demi sedikit kedalam botol. jangan sampai terjadi ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan.

- e. Setelah benda uji dimasukkan, putar botol dengan posisi miring secara perlahan-perlahan sampai gelembung udara yang timbul laagi pada permukaan cairan.
- f. Ulangi pekerjaan 1. Setelah suhu air sama dengan suhu cair dalam botol, baca skala pada botol.

Dengan pengujian diatas dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(v_2 - v_1)} \times d \dots\dots\dots \text{pers 2.2}$$

V1 = Pembacaan pertama pada skala botol

V2 = Pembacaan kedua pada skala botol

(V2-V1) = Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan suhu berat tertentu

d = Berat isi air pada suhu 4°C (1 g/ cm³)

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan berat volume agregat bertujuan menentukan berat isi agregat halus, kasar, atau campuran yang didefisiskan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Peralatn yang digunakan dalam melakukan pemeriksaan berat volume agregat ini ini antara lain:

- a. Sekop
- b. mistar perata.
- c. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
- d. Talam kapasitass cukup besar untuk meringankan contoh agregat Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- e. Wadah baja berbentuk kubus dengan alat pemegang bekapasitas

Tabel 2.3 Kapasitas Wadah Baja

Kapasitas (Liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum Agregat (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4	154.9	5.08	2.54	12.70
9.435	2.5	2.5	5.08	2.54	25.40
14.158	203.2	292.1	5.08	3.00	38.10
28.316	2.5	2.5	5.08	3.00	101.60
	254.0	279.4			
	2.5	2.5			
	355.6	284.4			
	2.5	2.5			

Sumber: Panduan Pratikum Beton

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat volume agregat:

- a. Berat isi agregat ukuran butiran maksimum 38,10 mm
 1. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
 2. Timbang dan catat berat wadah (W_1)
 3. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W_2)
 4. Retakan permukaan benda uji dengan menggunakan perata
 5. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat ditusukan sebanyak 25 kali secara merata
- b. Berat isi lepas
 1. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
 2. Timbang dan catat benda wadah (W_1)
 3. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W_2)
 4. Retakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 5. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran-butiran, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan sendok atau sekop sampai penuh.

Dari hasil pengujian tersebut kita dapat menghitung berat isi agregat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} (\text{kg/m}^3) \dots \dots \dots \text{pers 2.3}$$

Dimana : v adalah wadah (m^3)

3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Agregat halus yang dapat digunakan untuk pembuatan beton adalah agregat yang memiliki kadar lumpur < 5%. Pemeriksaan ini sama dengan pemeriksaan lewat saringan no. 200 yang bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung di benda uji dalam agregat.

Pengujian dapat dilakukan dengan memasukkan benda uji atau agregat halus ke dalam gelas ukur. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan selama 24 jam. Setelah dibiarkan selama 24 jam lalu ukur tinggi pasir (V1) dan tinggi lumpur (V2). Hitunglah kadar lumpur menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots \dots \dots \text{pers 2.4}$$

4. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebihan pada unsur bahan beton yang berlebihan pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton. Dalam menganalisis hasil pemeriksaan berdasarkan pada observasi warna contoh terhadap warna standar.

Pemeriksaan zat organik pada agregat halus dilakukan dengan penambahan senyawa NaOH 3% pada benda uji yang sudah dimasukkan ke dalam botol gelas tembus pandang yang dilengkapi dengan penutup karet atau gabus atau bahan lainnya yang tidak beraksi terhadap NaOH. Botol ditutup rapat dan dikocok agar agregat tercampur dengan NaOH. Diamkan selama 24 jam, kemudian bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar.

5. Analisis *Specific-Gravity* Dan Penyerapan Agregat

a. Agregat halus

Berat contoh agregat halus disisapkan sebanyak 500 gram.

Langkah pengujian seperti dibawah ini :

1. Agregat halus yang jenuh air di keringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh dimasukan pada "*metal sand cone mold*".benda uji didapatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumpukan.kondisi SSD diperoleh jika cetakan diangkat butiran-butiran pasir longsor atau runtuh.
3. Contoh agregat sebanyak 500 gram dimasukan dalam piknometer. Isi piknometer dengan air samapi 90 % penuh. Goyangkan piknometer untuk membebaskan gelembung-gelembung udara. Rendam piknometer selama 24 jam dan timbang berat piknometer yang berisi berat air.
4. Periksa contoh benda uji dari piknometer dan keringkan. Tambahkan piknometer yang berisi air.
5. Perhitungan

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{B}{B+D-C} \dots\dots\dots \text{pers 2.5}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} \dots\dots\dots \text{pers 2.6}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} \dots\dots\dots \text{pers 2.7}$$

$$\text{Persentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots \text{pers 2.8}$$

Dimana : A = berat piknometer

B = berat contoh kondisi SSD

C = berat piknometer + contoh + air

D = berat piknometer + air

E = berat contoh kering

b. Agregat kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah menentukan *bulk and apparent specific-gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Berat contoh agregat yang akan diuji disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering permukaan (SSD = *Surface Saturated Dry*).

Langkah-langkah pengujian :

1. Benda uji direndam 24 jam
2. Benda uji dikeringkan sampai kondisi SSD dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat
3. Timbang berat benda uji dalam kondisi SSD (A)
4. Benda uji dimasukkan kedalam keranjang dan direndam kembali dengan air. Goyang-goyangkan keranjang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitunglah berat contoh kondisi jenuh (B)
5. Keringkan benda uji kemudian timbang kondisi kering (C)
6. Perhitungan

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{C}{B-C} \dots\dots\dots \text{pers 2.9}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{C}{A-C} \dots\dots\dots \text{pers 2.10}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A-B} \dots\dots\dots \text{pers 2.11}$$

$$\text{Persentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \text{ pers 2.12}$$

Dimana : A = Berat contoh SSD

B = Berat contoh dalam air

C = Berat contoh kering di udara

6. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Data distribusi butiran pada agregat dipermukaan dalam perencanaan campuran beton. Analisa saringan pembagian butir (gradasi agregat). Penentuan gradasi agregat ini dilakukan pada agregat kasar an agregat halus. Alat yang digunakan adalah :

- a. Timbangan digital
- b. Talam
- c. Kuas
- d. Sendok
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- f. Alat pemisah contoh (*simple splitter*)
- g. Mesin pengantar saringan
- h. Seperangkat saringan dengan ukuran jaringan tertentu, dan alat lainnya.

Benda uji yang akan diuji sebelum dikeringkan didalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat contoh tetap. Benda uji tersebut dicurahkan pada perangkat saringan yang sudah disusun mulai dari saringan paling besar dibagian atas sampai saringan paling kecil di bagian bawah, perangkat diguncang atau digetarkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.

7. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200

Tujuan dari pemeriksaan bahan lolos saringan no. 200 adalah menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan no.200 dengan cara pencucian. Berat minimum contoh agregat yang akan diuji tergantung pada ukuran maksimum dengan batas gradasi sebagai berikut :

Ukuran maksimum :

- | | |
|----------------|------------|
| 2.36 mm (no.8) | = 100 gram |
| 1.18 mm (no.4) | = 500 gram |
| 9.50 mm (3/8) | = 200 gram |

- 19.10 mm (3/4) = 2500 gram
38.10 mm (1.5) = 5000 gram

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- a. Saringan no.16 sampai no. 200
- b. Sendok/ sekop
- c. Talam dengan kapasitas yang cukup besar
- d. Timbangan dengan ketelitian 0.1%
- e. Oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- f. Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar sehingga waktu diguncang tidak tumpah.

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah :

- a. Masukkan agregat yang beratnya 1,25 kali berat minimum benda uji dalam talam. Kering dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai mencapai berat tetap.
- b. Masukkan benda uji agregat dalam wadah, dan beri air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air pencucian kedalam susunan no.16 sampai no.200. dalam proses penuangan air cucian, usahakan bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang
- d. Masukkan air pencucian baru, ulangi pekerjaan (c) sampai air cucian menjadi jernih
- e. Semua bahan yang tertahan saringan no. 16 dan no. 200 kembalikan kedalam wadah, kemudian masukan bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W2). Keringatan dalam oven sampai mencapai berat tetap.
- f. Setelah kering timbang dan catat beratnya (W3)
- g. Hitunglah berat bahan kering tersebut ($W4 = W3 - W2$)

Hitung jumlah beban yang lewat saringan no. 200 :

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan no. 200} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \dots \text{pers 2.13}$$

Analisis jumlah yang lolos saringan no.200 dalam persen. Menurut SK SNI S-04-1984-F nilai kadar lumpur agregat < 5%. Jika persentase bahan yang lewat saringan no. 200 > 5% berarti bahan mempunyai kandungan lumpur yang tinggi.

2.4.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Langkah – langkah perhitungan *mix Design* beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tujuannya adalah menentukan komposisi komponen/unsur beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan *slump* rencana. Perencanaan campuran beton yang direncanakan untuk menentukan suatu komposisi pemakaian material yang digunakan untuk campuran beton. Dalam perencanaan ini harus memperhatikan aspek *workability*, *durability*, dan *finishing* dengan mutu beton $f'c$ 14,5 Mpa yang telah direncanakan.

Tabel 2.3 berikut dapat dipergunakan untuk acuan nilai parameter yang perlu dalam perhitungan perencanaan.

Tabel 2.4 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton

No	Perhitungan Perencanaan Campuran beton		
1	Perhitungan Perencanaan Campuran beton		
2	Rencana <i>slump</i>	Tabel II	Cm
3	Kekuatan Tekan Rencana Beton		Mpa
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus		
5	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)		
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)		
7	Ukuran Maksimum Agregat Kasar	Tabel IV	Mm
8	Berat Agregat Kasar		Kg/m ³
Perhitungan Komposisi Unsur Beton			
9	Rencana Air Adukan/m ³ Beton	Tabel A	Kg/m ³
10	Persentase Udara Yang Terperangkap	Tabel B	
11	w/c Ratio	Tabel I	
	w/c Ratio Maksimum	w/c terkecil /(9)	
	Berat Semen = Nilai w/c Terkecil	(9)/(11)	Kg
12	Berat Semen	Tabel B	Kg
13	Volume Agregat Kasar perlu/m ³ Beton	(13)x(8)	
14	Berat Agregat Kasar Perlu	0,001x (12)/3,15	M ³
15	Volume Semen	0,001 x (9)	M ³

Tabel 2.4 Lanjutan

16	Volume Air	$0,001 \times (14) / (7)$	M ³
17	Volume Agregat kasar		M ³
18	Volume Udara	-10	M ³
19	Volume Perlu Agregat Halus/m ³ Beton	$1 - [(15) + (16) + (17) + (18)]$	M ³
Komposisi Berat Unsur Adukan/M³ Beton			
20	Semen	(12)	Kg
21	Air	(9)	Kg
22	Agregat Halus Kondisi (SSD)	$(19) \times (6) \times 1000$	Kg
23	Agregat Kasar Kondisi (SSD)	(14)	Kg
24	Faktor Semen	$(20) / 50$ (1 zak=50 (kg))	Zak
Komposisi Unsur Campuran Beton/ Kapasitas Mesin Molen 0,03 m³			
25	Semen	$(33) \times 0,03$	Kg
26	Air	$(34) \times 0,03$	Kg
27	Agregat Halus Lapangan	$(35) \times 0,03$	Kg
28	Agregat Kasar Lapangan	$(36) \times 0,03$	Kg

2.4.3 Pengujian Slump

Cara pengujian *slump* menurut SNI 1972-2008 adalah sebagai berikut:

- a. Membasahi kerucut, meletakkan ditempat yang basah, rata, dan tidak menyerap air.
- b. Mengisi kerucut dengan beton segar dalam tiga lapis, masing-masing sepertiga dari volumenya.
- c. Menusuk setiap bagian sebanyak 25 kali
- d. Meratakan bagian atasnya, dan tunggu sampai 30 detik
- e. Menarik kerucut tegak lurus vertikal dengan perlahan
- f. Meletakkan tabung kerucut disamping beton segar, kemudian ukur beda tinggi kerucut dengan beton segar untuk mendapatkan nilai *slump*.

2.4.4 Pembuatan Benda Uji Kubus

Cara pembuatan benda uji silinder dengan cara mempersiapkan bahan sesuai dengan perhitungan *mix design*. Metode yang dilakukan untuk pembuatan beton adalah sebagai berikut:

- a. Persiapkan semua bahan dan timbang sesuai dengan berat rencana,
- b. Masukkan agregat kasar (split), agregat halus, dan semen kedalam *Concrete Mixer*,

- c. Setelah tercampur masukkan air sedikit demi sedikit, proses pencampuran tidak melebihi 5 menit untuk menjaga beton tidak mengeras waktu dimasukkan kedalam silinder,
- d. Keluarkan beton segar dari *Concrete Mixer* dan masukkan ke dalam kerucut Abram untuk pemeriksaan nilai *slump*,
- e. Setelah nilai *slump* didapatkan, kemudian beton dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15x15x15 cm dengan cara memasukkan beton segar masing-masing sepertiga dari cetakan silinder, setelah itu ditusuk setiap lapisannya sebanyak 25 kali.

2.4.5 Perawatan (Curing) Benda Uji

Cara perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Setelah 24 jam, cetakan beton kubus dibuka, lalu beton dibersihkan.
- b. Rendam benda uji didalam bak perendam menggunakan air bersih selama 7 hari sampai 28 hari.
- c. Setelah itu beton diangkat dan di diamkan dalam suhu ruangan, kemudian diuji kuat tekan.

2.4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan rencana dengan kuat tekan di lapangan. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin pengujian kuat tekan atau CTM (*Compression testing machine*). Benda uji diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, yang secara langsung dapat diketahui nilai kuat tekannya dengan pembacaan skala pembebanan yang didapat pada waktu pengujian kuat tekan beton. Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan mencapai nilai tertinggi diikuti dengan retak atau hancur pada benda uji setelah menerima beban maksimum.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Jl. Paninjauan, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Maps 2021 (18 Maret 2021)

3.2 Data Penelitian

Sumber data menjadi dua jenis yaitu :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diteliti secara langsung. Penulis mendapatkan data primer dari penelitian beton yang dilakukan pada Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari peneliti yang sudah ada. Penulis mengambil data dari buku panduan pratikum beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

1. Kerucut Abrams

Digunakan untuk mengukur konsistensi atau secara sederhana *workability* adukan dengan percobaan *Slump Test*, yang memiliki ukuran diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm.

2. Timbangan Digital

Digunakan untuk menimbang material yang akan diteliti dan juga untuk menimbang semen, pasir dan kerikil sebagai bahan beton sebelum di campur.

3. Tongkat Baja

Digunakan untuk alat pemadat saat pengujian *slump test* dan saat memasukkan campuran beton kedalam cetakan.

4. Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan untuk mencetak benda uji terbuat dari bahan baja berbentuk silinder dengan diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm.

5. Bak perendam

Digunakan untuk merendam benda uji selama proses perawatan pada benda uji.

6. Mesin Pengaduk Beton

Digunakan untuk mencampur bahan adukan beton.

7. *Compresion Testing Machine* (CTM)

Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan beton. Kapasitas pembebanan maksimum alat ini 150 ton dengan ketelitian baca 0,01 ton.

8. Alat Bantu

Digunakan beberapa alat bantu seperti *stopwath*, penggaris, meteran, sendok semen, gerobak.

B. Bahan

1. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah, agregat ini meninggalkan semua butir di ayakan sebanyak 4,80mm.

2. Agregat halus

Agregat halus ini merupakan butiran yang dapat menembus ayakan 4,80 mm.

3. Semen

Semen digunakan sebagai pengisi sekaligus pengikat pada campuran beton. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC dengan merek Semen Padang.

4. Air

Air digunakan sebagai bahan untuk pembuatan beton. Peranan air sangat penting dalam pembuatan beton, karena dapat mempengaruhi sifat-sifat pada beton. Sifat tersebut antara lain dapat berupa kemudahan pengerjaan dan penyusutan. Air juga dapat berfungsi sebagai hidrasi. Setelah pengecoran air juga berguna sebagai perawatan proses pengerasan yang sempurna.

5. Limbah Ban Karet

Salah satu limbah anorganik adalah limbah ban karet. Limbah ban karet adalah material yang berasal dari ban bekas penggunaan untuk kendaraan roda dua. Berat satu ban bekas kendaraan antara 3-10kg.

3.4 Jenis Penelitian

a. Metode Kualitatif

Metode Kualitatif adalah penelitian yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis. Proses dan makna (perspektif subjek) lebih ditonjolkan dalam penelitian kualitatif. Dimana landasan teori dimanfaatkan sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan fakta di lapangan.

b. Metode Kuantitatif

Metode Kualitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta kualitas hubungan-hubungannya. Tujuan penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori atau hipotesis yang berkaitan dengan alam.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif karena landasan teori dimanfaatkan sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan fakta dilapangan.

3.5 Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Adapun pengujian dalam penelitian ini meliputi, pengujian kuat tekan beton dan pengujian material. Pengujian yang dilakukan menggunakan petunjuk yang terdapat didalam buku panduan praktikum laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

3.6 Pemeriksaan Berat Isi Beton

Untuk menentukan berat isi beton, Berat isi beton adalah berat beton per satuan isi.

Alat yang digunakan adalah :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat contoh.
2. Tongkat pematik, dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm.
3. Takaran dengan kapasitas dan penggunaan.

3.7 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* adalah bertujuan untuk mengetahui kekentalan dari beton. Pada penelitian ini pengujian *slump* dilakukan sebagai berikut :

1. Mengisi kerucut dengan beton segar sebanyak tiga lapis, diisikan sebanyak 1/3 bagian dan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali tusukan dan ditambahkan lagi 1/3 bagian dan ditusuk 25 kali tusukan dan 1/3 bagian

lagi diisikan dan ditusuk kembali sebanyak 25 kali tusukan dan diratakan.

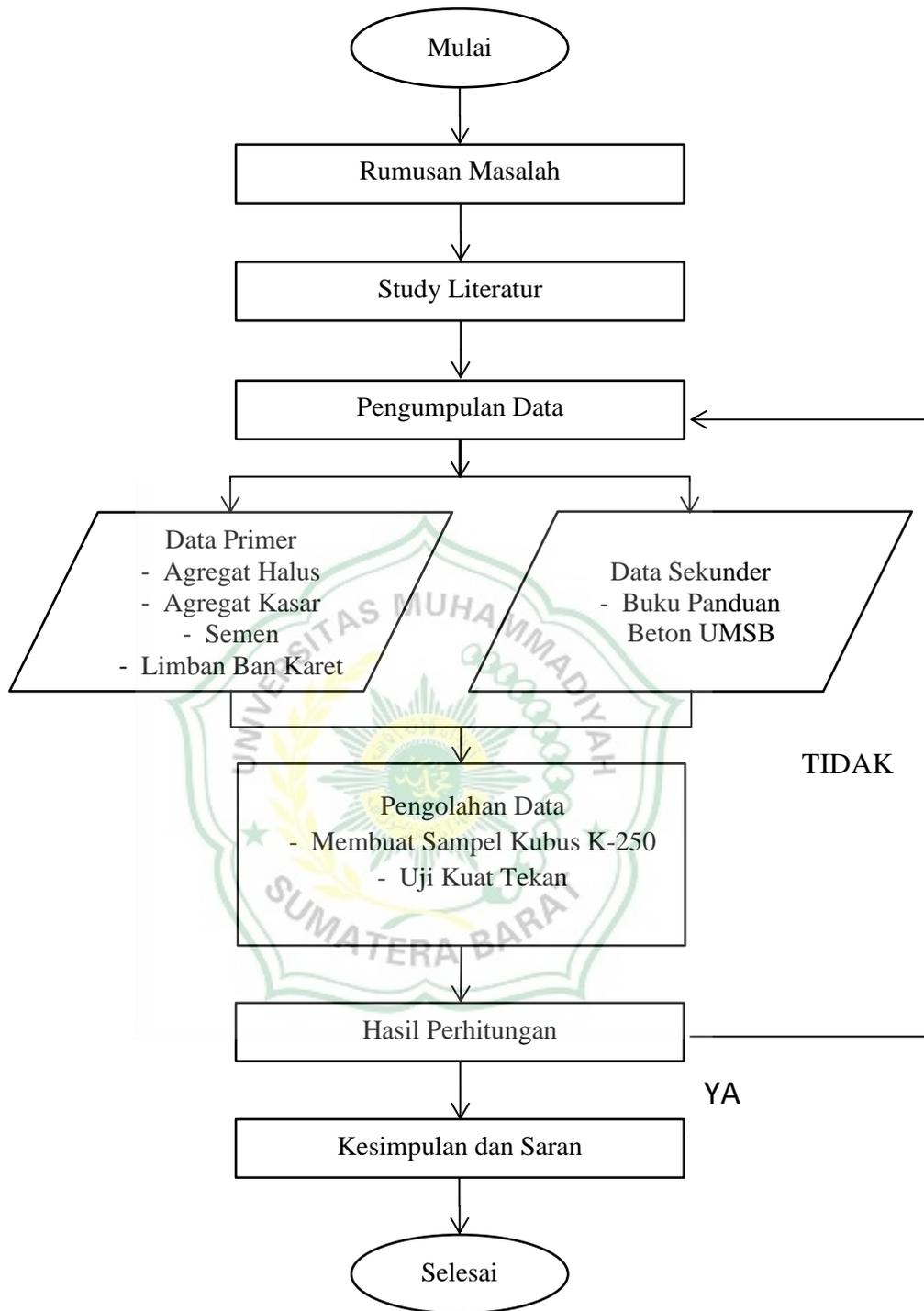
2. Setelah diratakan maka didiamkan *slump* selama 0,5 menit.
3. Angkat alat *slump* secara perlahan-lahan dan ukur *slump*.

3.8 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan jika semua bahan sudah siap untuk dicampurkan menjadi beton seperti pada perhitungan *mix design*, metode yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Menyiapkan semua bahan dan timbang sesuai perencanaan *mix design*.
2. Masukkan agregat halus dan agregat kasar pada *Concrete Mixer*.
3. Masukkan agregat halus dan semen seperti rancangan *mix design*.
4. Masukkan ban yang sudah dibakar sebanyak 25% dan 30% diambil dari persentase volume agregat halus pada *concrete mixer*.
5. Sebelum melakukan pembuatan benda uji dilakukan terlebih dahulu tes *slump* untuk mengetahui konsistensi dan *workability* campuran sesuai dengan yang ditetapkan.
6. Masukkan adukan beton kedalam benda uji dengan tiga lapis, dan ditusuk-tusuk dengan tongkat penusuk.
7. Benda uji digetarkan dengan cara memukul dari samping sekitar 10-15 detik, dan setelah itu permukaan diratakan dan didiamkan selama 24 jam.
8. Setelah 24 jam sampel beton dikeluarkan dari cetakan dan direndam pada bak perendam (*curing*) sampai pada hari pengujian kuat tekan beton.

3.9 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

4.1.1 Pengujian Semen

Pemeriksaan Semen pada percobaan ini untuk menentukan Pemeriksaan Berat Jenis Semen , Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis dan Komposisi Berat Unsur Adukan/M³ Beton sebagai penentuan waktu Pengikatan dari Semen. Data percobaan ini dapat dilihat pada tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.1 : Hasil Pengujian Semen Hidrolis

No	Uraian Pengujian	Satuan	Piknometer 1	Piknometer 2
1	Berat Semen	gr	64,00	-
2	Volume I zat cair	ml	22,3	-
3	Volume II zat cair	ml	0,5	-
4	Berat isi air pada suhu 4°C	gr/cm ³	1	-
5	Berat jenis semen = $1/(3-2) \times 4$	gr/cm ³	2,936	-
6	Berat jenis semen rata-rata	gr/cm ³	2,936	

Sumber : Data Penelitian (2021)

Tabel 4.2 : Hasil Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis

No	Semen (gr)	Bahan Tambahan (% x semen)	Air (ml)	Penurunan tiap 30" (mm)
1	250	-	125	29
2	250	-	110	4
3	250	-	113	12
4	250	-	112	9

Sumber : Data Penelitian (2021)

Tabel 4.3 : Waktu Pengikatan Awal Semen Hidrolis

No	Waktu Penurunan air (menit)	Penurunan (mm)	Keterangan waktu pengujian
1	45	18,0	9:54 – 10:34
2	60	10,0	10:34 – 10:49
3	75	6,0	10:49 – 11:04
4	90	4,0	11:04 – 11:19
5	105	2,5	11:19 – 11:34
6	120	1,5	11:34 – 11:49
7	135	1,0	11:49 – 12:04
8	150	0,5	12:04 – 12:19
9	165	-	12:19 – 12:34
10	180	-	
11	195	-	

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat

1. Agregat Kasar

Hasil Pemeriksaan berat Volume Agregat Kasar dapat dilihat Pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
(1)	Volume wadah	10.174	10.174	10.174	10.174	Liter
(2)	Berat wadah	2.214	2.214	2.214	2.214	kg
(3)	Berat wadah + Benda uji	18.214	16.264	17.219	14.975	kg
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	16.000	13.844	15.005	12.761	kg
(5)	Berat volume agregat = (4) / (1)	1.573	1.361	1.475	1.254	kg/lt
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat				1.524	kg/lt
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur				1.308	kg/lt

Sumber :Data Penelitian (2021)

2. Agregat Halus

Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 : Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
(1)	Volume wadah	10,174	10.174	10,174	10.174	Liter
(2)	Berat wadah	2.214	2.214	2.214	2.214	Kg
(3)	Berat wadah + Benda uji	15.005	14.105	14.921	13.867	Kg
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	12,791	11.891	12.707	11.653	Kg
(5)	Berat volume Agregat = (4) / (1)	1.257	1.169	1.249	1.145	kg/lt
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat				1.253	kg/lt
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur				1.157	kg/lt

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.3 Analisa Saringan Agregat

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat. Hasil analisa saringan dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7 berikut :

Tabel 4.6 : Analisa Saringan Agregat Kasar

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat yang lolos	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	12.50	3/4	265.0	265.0	10.60	10.60	89.40	89.40
-	9.50	3/8	201.0	201.0	88.04	88.04	1.36	1.36
No.4	4.70	-	26.0	26.0	1.12	1.12	0.24	0.24
No.8	2.38	-	2.0	2.0	-	-	0.24	0.24
No.16	1.19	-	-	-	-	-	0.24	0.24
Wadah			6.0	6.0	Total		91.48	91.48
Total			500.0	500.0				
Total rata-rata							91.48	

Sumber : Data Penelitian (2021)

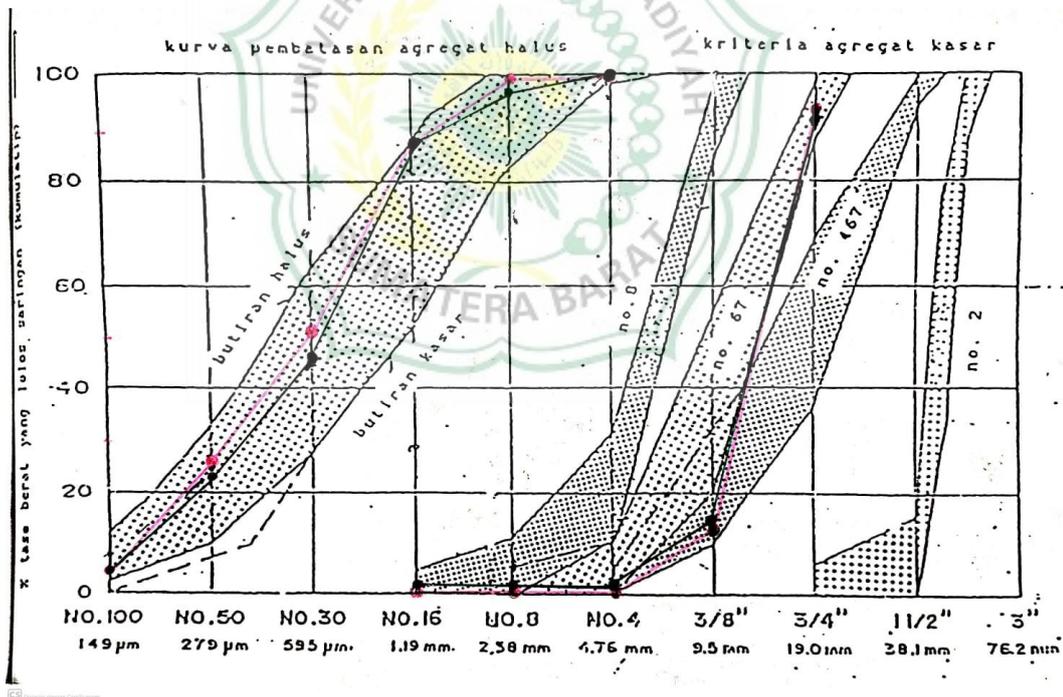
Hasil Pengujian analisa saringan agregat Kasar dan agregat halus, dapat disimpulkan bahwa :

- Berat terbesar yang tertahan pada percobaan saringan agregat kasar adalah saringan 9,50 mm atau 3/8 Inch sebesar 2,266 Kg.
- Berat terbesar yang tertahan pada percobaan saringan agregat halus adalah saringan No.50 sebesar 180 gram.
- Modulus Kehalusan agregat halus didapat dari penjumlahan % berat lolos saringan No.200 ke atas dibagi 100, karena% berat lolos pada wadah merupakan lumpur, jadi tidak dimasukkan kedalam perhitungan modulus kehalusan.
- Susunan gradasi pada percobaan analisa saringan agregat halus terletak pada Zona II.

Tabel 4.7 : Analisa Saringan Agregat Halus

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat komulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9.50	3/8	-	-	-	-	100.00	100.00
No.4	4.76	-	-	-	-	-	100.00	100.00
No.8	2.38	-	8.0	14.0	1.60	2.80	98.80	98.80
No.16	1.19	-	33.0	38.0	6.60	7.60	92.00	92.00
No.30	0.59	-	88.0	220.0	17.60	44.00	74.00	74.00
No.50	0.27	-	180.0	138.0	36.00	27.60	37.40	37.40
No.100	0.14	-	144.0	69.0	28.80	13.80	9.40	9.40
No.200	0.07	-	27.0	13.0	5.40	2.60	3.40	3.40
Wadah			20.0	8.0	Total (saringan no.4 - no.200)		415.00	
Total			500.0	500.0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							207.5	
Modulus kehalusan							2.08	

Sumber : Data Penelitian (2021)



Gambar 4.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.4 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan

Pemeriksaan kadar lumpur untuk Agregat halus dilakukan dengan pemeriksaan lolos saringan No 200. Nilai kadar lumpur Agregat halus diperoleh 2,2%, memenuhi syarat SK-SNI S-04-1989-F dimana syarat agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton adalah yang memiliki kadar lumpur <5%, Hasil Pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8: Pengujian Agregat lolos saringan No 200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	135.0	135.0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	635.0	635.0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	500.0	500.0	gr
(4)	Berat benda uji tertahan dalam saringan	494.0	496.0	gr
(5)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1.200	0.80	%
(6)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1.00	%

Sumber : Data Penelitian 2021

Dari data diatas dapat dibuat kesimpulan bahwa agregat memiliki kadar lumpur yang rendah sebesar 1,0 %. Dimana kadar lumpur yang diperbolehkan dalam agregat tidak boleh besar dari 5 %.

4.1.5 Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap benda uji setelah direndam dengan campuran *NaOH* selama 24 jam, terjadi perubahan warna pada air perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut banyak mengandung zat organik. Kesimpulan yang dapat diambil disini adalah sebelum agregat halus atau pasir digunakan sebaiknya dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi jumlah zat organik yang terkandung dalam pasir tersebut.

Hasil Pengujian pemeriksaan zat organic pada agregat halus didapatkan sebesar 1,6%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembentuk beton layak digunakan, karena kandungan lumpur <5%. Merupakan ketentuan dalam peraturan bagi

penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut :

Tabel 4.9 : Pengujian Kadar Lumpur pada agregat halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Tinggi pasir	493.0	456.0	gr
(2)	Tinggi lumpur	5.0	7.0	gr
(3)	Kadar lumpur = (2) / [(1) + (2)]	1.00	1.51	%
(4)	Kadar lumpur rata-rata		1.26	%

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Hasil Pengujian kadar air agregat Kasar dan agregat halus yang dilakukan di Laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10: Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Uraian	Indeks	Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
Berat Wadah	W1	1.441	1.414
Berat Benda Uji + Wadah	W2	7.893	6.358
Berat Benda Uji Basah	W3	6.452	5.530
Berat Benda Uji Kering + Wadah	W4	6.318	5.424
Berat Benda Uji Kering	W5	4.877	4.596
Kadar Air = $W_3 - W_5 / W_3 \times 100\%$		0,244 %	0,16 %
Kadar Air Rata-rata			0,202 %

Sumber : Data Penelitian 2021

Hasil Pengujian kadar air pada agregat kasar 0,202% Menurut Tjokrodimulyo, 2007, nilai kadar air yang disyaratkan untuk agregat kasar < 1%. Ini berarti agregat kasar (*split*) dalam pengujian ini memenuhi persyaratan bahan campuran beton sehingga bisa kita gunakan langsung dan dapat dilihat hasil pengujiannya berdasarkan tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.11: Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Indeks	Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
Berat Wadah	W1	-	-
Berat Benda Uji + Wadah	W2	750	750
Berat Benda Uji	W3	750	750
Berat Benda Uji Kering + Wadah	W4	690	690
Berat Benda Uji Kering	W5	690	690
Kadar Air = $W_3 - W_5 / W_3 \times 100\%$		0,08 %	0,08 %
Kadar Air Rata-rata			0,08 %

Sumber : Data Penelitian 2021

Hasil Pengujian kadar air pasir didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,938% Nilai ini tidak memenuhi persyaratan kadar air untuk agregat halus menurut Mulyono,2004 yang berkisar antara 1-2%.

4.1.7 Analisa *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat

Hasil Pengujian analisa *Specific Gravity* dan penyerapan agregat kasar dan halus rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 :

Tabel 4.12 : Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat contoh dalam kondisi SSD	8,774	8,069.0	gr
(2)	Berat contoh SSD dalam air	4,568.0	5,121.0	gr
(3)	Berat contoh kering di udara	7,886.0	7,872.0	gr
(4)	$Apparent\ specific\ gravity = (3) / [(3) - (2)]$	2.377	2.862	gr
(5)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (3) / [(1) - (2)]$	1.875	2.670	gr
(6)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (1) / [(1) - (2)]$	2.086	2.737	gr
(7)	Prosentase penyerapan (absorption) = $\{ [(1) - (3)] / (1) \} \times 100$	11.26	2.50	%
(8)	$Apparent\ specific\ gravity\ rata-rata$		2.620	gr
(9)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering\ rata-rata$		2.273	gr
(10)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD\ rata-rata$		2.412	gr
(11)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		6.88	%

Sumber : Data Penelitian (2021)

Tabel 4.13 : Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat piknometer	190.0	190.0	gr
(2)	Berat contoh dalam kondisi SSD	500.0	500.0	gr
(3)	Berat piknometer + contoh SSD + air	990.0	966.0	gr
(4)	Berat piknometer + air	688.0	688.0	gr
(5)	Berat contoh kering	493.0	495.0	gr
(6)	$Apparent\ specific\ gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]$	2.581	2.281	gr
(7)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]$	2.490	2.230	gr
(8)	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]$	2.525	2.252	gr
(9)	Prosentase penyerapan (absorption) = $\{ [(2) - (5)] / (2) \} \times 100$	1.42	1.01	%
(10)	<i>Apparent specific gravity</i> rata-rata		2.431	gr
(11)	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering rata-rata		2.360	gr
(12)	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD rata-rata		2.389	gr
(13)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		1.21	%

Sumber : Data Penelitian (2021)

$$Apparent\ Specific\ Gravity = \frac{E}{E+D-C} = \frac{495}{495+688-966} = 2,281\ gr$$

$$Bulk\ Specific\ Gravity\ (kering) = \frac{E}{B+D-C} = \frac{495}{500+688-966} = 2,230\ gr$$

$$Bulk\ Specific\ Gravity\ (SSD) = \frac{B}{B+D-C} = \frac{500}{500+688-966} = 2,252\ gr$$

$$Persentase\ Penyerapan = \frac{B-E}{E} \times 100\%$$

$$= \frac{500-495}{495} \times 100\% = 1,01\%$$

$$Persentase\ Penyerapan = \frac{1,42\%+1,01\%}{2} = 1,215\%$$

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan dari Perencanaan campuran adukan beton dengan metode SNI 03-2834-2000, untuk analisis hitungan perencanaan beton . Rencana untuk kebutuhan bahan adukan beton dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut :

Tabel 4.14 : Perkiraan Campuran Beton f_c' 20,75 MPa

DESIGN-MIX FORMULA		
A. PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN		
(1)	Kategori Jenis Struktur	
(2)	Rencana Slump (Tabel III)	10.00 cm
(3)	Kekuatan Tekan Rencana Beton	20.75 Mpa
	Kuat tekan beton yang disyaratkan umur 28 hari $f'_c =$	20.75 Mpa
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji silinder Ø15 x 30 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	211.588 kg/cm ²
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	254.925 kg/cm ²
(4)	Modulus Kehalusan Agregat Halus	2.85
(5)	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (Tabel IV)	25.00 mm
(6)	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)	2.202 gr
(7)	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)	2.560 gr
(8)	Berat Isi Agregat Kasar	1.481,6 kg/m ³
B. PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON		
(9)	Rencana air adukan/m ³ beton (Tabel A)	193.00 kg/m ³
(10)	Prosentase udara yang terperangkap (Tabel A)	1.50 %
(11)	W/C Ratio (Grafik II atau Tabel I)	0.59
	W/C Ratio Maksimum (Tabel II)	0.60
	Berat semen = (11) / (9)	0.003
	Berat jenis semen (a)	327.120 gr/cm ³
(12)	Berat semen = (9) / (11)	327.120 kg
(13)	Volume agregat kasar perlu /m ³ beton (Tabel B)	0.670
(14)	Berat agregat kasar perlu = (13) x (8)	992.700 kg
(15)	Volume semen = 0,001 x (12) / (a)	0.104 m ³
(16)	Volume air = 0,001 x (9)	0.193 m ³
(17)	Volume agregat kasar = 0,001 x (14) / (7)	0.388 m ³
(18)	Volume udara (10)	0.015 m ³

Tabel 4.14 : Lanjutan

(19)	Volume agregat halus = $1 - \{ (15) + (16) + (17) + (18) \}$	0.300 m ³
C. KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M3 BETON		
(20)	Semen (12)	327.120 kg
(21)	Air (9)	193.000 kg
(22)	Agregat halus kondisi SSD = (19) x (6) x 1000	660.600 kg
(23)	Agregat kasar kondisi SSD (14)	992.700 kg
(24)	Faktor semen = (20) / 50 { 1 zak = 50 kg }	6.542 kg
D. KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN		
(25)	Prosentase kadar lembab agregat kasar : mk	0.0764
(26)	Absorsi agregat kasar : ak	0.0482
(27)	Kadar air agregat halus : mh	.0889
(28)	Absorsi agregat halus : ah	0.0121
(29)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar = $(23) \times \{ [ak - mk] / [1 - mk] \}$	-30.339 kg
(30)	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan = $(23) \times \{ [mk - ak] / [1 - mk] \}$	30.339 kg
(31)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus = $(22) \times \{ [ah - mh] / [1 - mh] \}$	-55.664 kg
(32)	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan = $(22) \times \{ [mh - ah] / [1 - mh] \}$	55.664 kg
E. KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON		
(33)	Semen (12)	327.120 kg
(34)	Air = (21) + (29) + (31)	106.997 kg
(35)	Agregat Halus kondisi lapangan = (22) + (32)	716.26 kg
(36)	Agregat Kasar kondisi lapangan = (23) + (30)	1,023.04 kg
F. KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON UNTUK VOLUME		
	=	0.0034 M3
(37)	Semen	10.008 kg
(38)	Air	3.267 kg
(39)	Agregat Halus kondisi lapangan	21.915 kg
(40)	Agregat Kasar kondisi lapangan	31.311 kg

Tabel 4.14 : *Lanjutan*

G. DATA SETELAH PELAKSANAAN		
(41)	Sisa air campuran (jika ada)	- kg
(42)	Penambahan air selama pelaksanaan (jika ada)	- kg
(43)	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	3.969 kg
(44)	Nilai SLUMP yang diukur	8.5 cm

Tabel 4.15 : Komposisi Unsur Beton Campuran Ban Karet

KOMPOSISI CAMPURAN LIMBAH BAN KARET TERHADAP BERAT AGGREGAT KASAR				
Komposisi	Campuran 5%	Campuran 10%	Campuran 15%	Sat
Semen	10,008	10,008	10,008	Kg
Air	3,267	3,267	3,267	Lt
Agregat Halus	21,915	21,915	21,915	Kg
Agregat Kasar	31,311	31,311	31,311	Kg
Limbah Ban karet	1,509	3,019	4,529	Kg

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji Kubus dengan penampang kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm masing-masing sebanyak 3 benda uji.

1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dari umur 7 sampai dengan 28 hari dapat terlihat pada gambar 4.16 berikut:

Tabel 4.16 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
Normal	7	7.506	22500	35.5	15.78	16.81	202.59
		7.486	22500	40	17.78		
		7.517	22500	38	16.89		
	14	7.657	22500	41.5	18.44	18.37	221.33
		7.455	22500	40.5	18.00		
		7.516	22500	42	18.67		
	28	7.432	22500	48	21.33	20.89	251.67
		6.555	22500	46	20.44		
		7.134	22500	47	20.89		

Sumber : Data Hasil Penelitian (2021)

2. Hasil Uji Kekuatan Beton Dengan Campuran Limbah Ban Karet 5%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan ban karet 5% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut:

Tabel 4.17 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 5%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
5%	7	7.118	22500	22	9.78	7.56	91.03
		7.157	22500	12	5.33		
		6.998	22500	17	7.56		
	14	7.173	22500	21	9.33	9.78	117.80
		7.231	22500	22	9.78		
		7.146	22500	23	10.22		
	28	6.941	22500	28	12.44	11.70	141.01
		7.09	22500	25	11.11		
		6.989	22500	26	11.56		

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

3. Hasil Uji Kekuatan Beton Dengan Campuran Limbah Ban Karet 10%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan ban karet sebesar 10% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut :

Tabel 4.18 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 10%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
10%	7	7.462	22500	13	5.78	7.26	87.46
		7.235	22500	20	8.89		
		7.386	22500	16	7.11		
	14	6.900	22500	22	9.78	9.33	112.45
		7.472	22500	20	8.89		
		7.328	22500	21	9.33		
	28	7.145	22500	29	12.89	11.41	137.44
		7.146	22500	30	13.33		
		7.086	22500	18	8.00		

Sumber : Data Penelitian (2021)

4. Hasil Kekuatan beton dengan campuran limbah ban karet 15%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan ban karet sebesar 15% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut :

Tabel 4.19 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 15%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
15%	7	6.798	22500	16	7.11	5.78	69.61
		6.811	22500	10	4.44		
		6.912	22500	13	5.78		
	14	7.045	22500	16	7.11	8.59	103.53
		7.339	22500	22	9.78		
		7.148	22500	20	8.89		
	28	7.205	22500	23	10.22	9.19	110.66
		7.485	22500	18	8.00		
		7.351	22500	21	9.33		

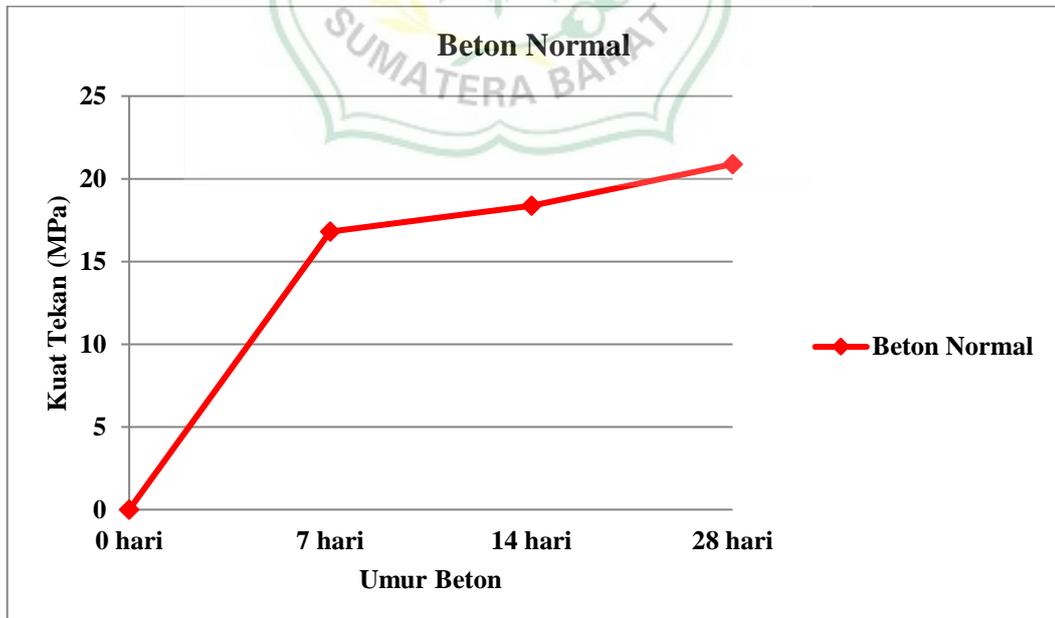
Sumber : Data Hasil Penelitian (2021)

4.4 Pembahasan

1. Kuat Tekan Beton Normal

Dari hasil uji kuat tekan dilaboratorium terlihat kuat tekan beton umur 7 hari 16.81 Mpa, pada umur 14 hari 18.37 Mpa, dan pada umur 28 hari 20.89 Mpa.

**GRAFIK KUAT TEKAN
BETON NORMAL F'c 20,75 MPa**

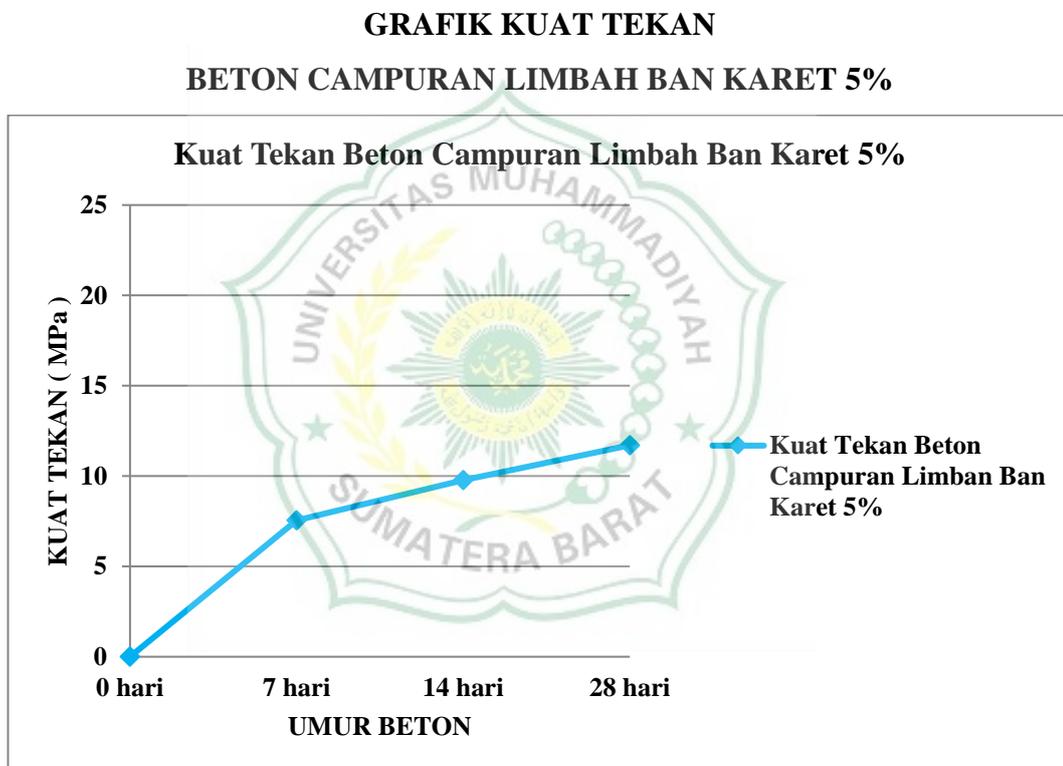


Gambar 4.2 : Pengujian Kuat Tekan Beton Normal
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Dari Gambar 4.1, kuat tekan beton terlihat mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan proses reaksi pengikatan mortar dan agregat bertambah seiring dengan waktu (hari), pengikatan mortar dengan agregat lebih optimal pada waktu 28 hari.

2. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 5%

Dari hasil uji kuat tekan dilaboratorium terlihat kuat tekan beton beton umur 7 hari 7.56 Mpa, pada umur 14 hari 9.83 Mpa, dan pada umur 28 hari 11.70 Mpa.



Gambar 4.3 : Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 5%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

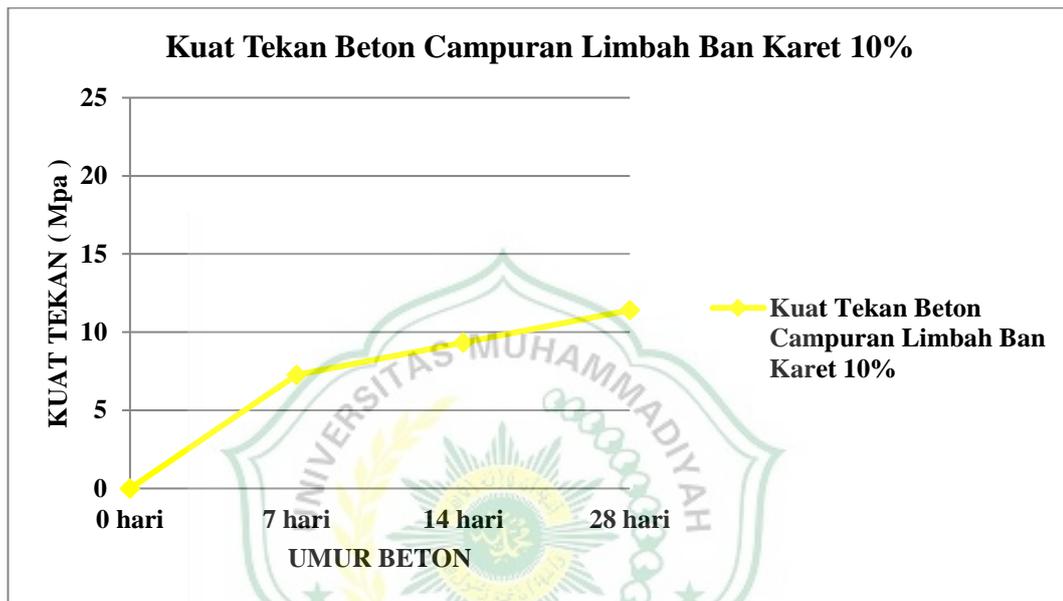
Berdasarkan dari grafik di atas, Kenaikan kuat tekan Beton seiring dengan penambahan jumlah hari. Hal ini disebabkan penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah ban karet pada kadar 5% bisa meningkatkan kuat tekan dari Beton.

Luas permukaan dari agregat kasar yang di selimuti mortar dengan variasi limbah ban karet 5% tidak berkurang.

3. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 10%

Dari hasil uji kuat tekan dilaboratorium terlihat kuat tekan beton umur 7 hari 7.26 Mpa, pada umur 14 hari 9.33 Mpa, dan pada umur 28 hari 11.41 Mpa.

GRAFIK KUAT TEKAN BETON CAMPURAN LIMBAH BAN KARET 10%



Gambar 4.4 : Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 10%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

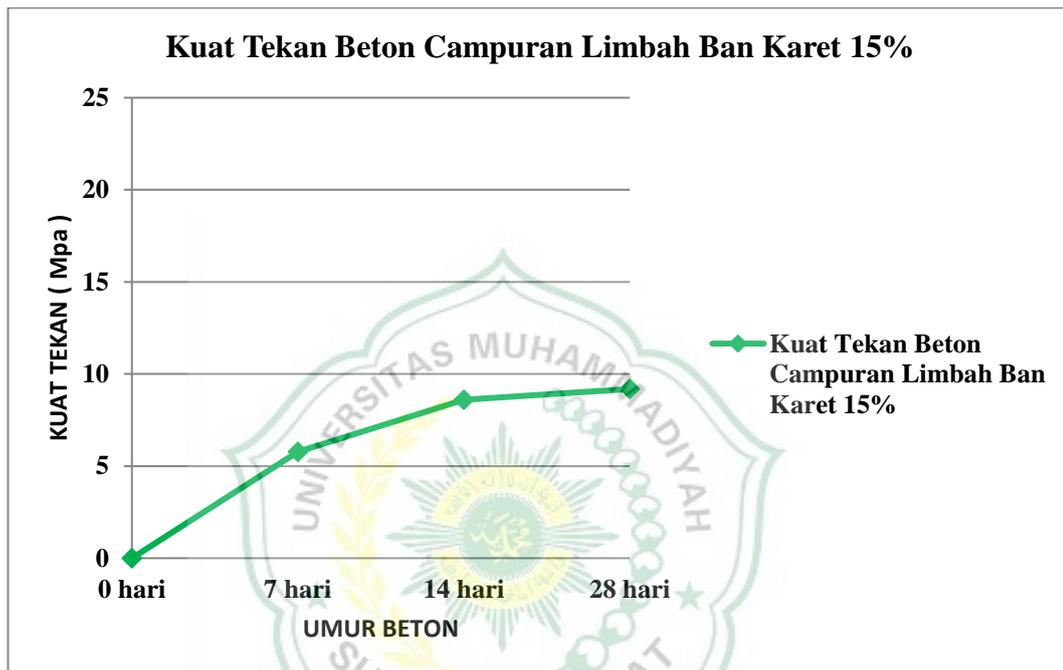
Berdasarkan dari grafik di atas, Kenaikan kuat tekan Beton seiring dengan penambahan jumlah hari. Hal ini disebabkan penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah ban karet pada kadar 10% bisa meningkatkan kuat tekan dari Beton.

Luas permukaan dari agregat kasar yang di selimuti mortar dengan variasi limbah ban karet 10% tidak berkurang.

4. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 15%

Dari hasil penelitian uji kuat tekan dilaboratorium terlihat kuat tekan beton umur 7 hari 5.78 Mpa, pada umur 14 hari 8.59 Mpa, dan pada umur 28 hari 9.19 Mpa.

GRAFIK KUAT TEKAN BETON CAMPURAN LIMBAH BAN KARET 15%



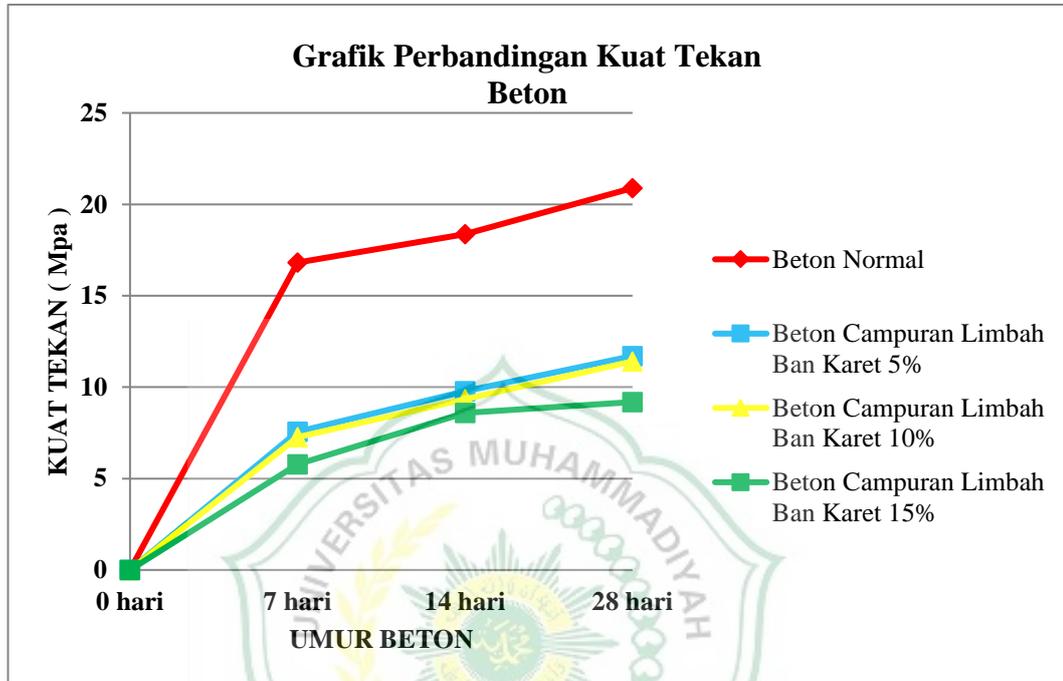
Gambar 4.5 : Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Limbah Ban Karet 15%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Berdasarkan dari grafik di atas, Kenaikan kuat tekan Beton seiring dengan penambahan jumlah hari. Hal ini disebabkan penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah ban karet pada kadar 15% bisa meningkatkan kuat tekan dari Beton.

Luas permukaan dari agregat kasar yang di selimuti mortar dengan variasi limbah ban karet 15% tidak berkurang.

5. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran Limbah Ban Karet 5%, 10% dan 15%

GRAFIK KUAT TEKAN
BETON CAMPURAN LIMBAH BAN KARET 0%, 5%, 10% DAN 15%



Gambar 4.6 : Hasil Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Ban Karet 0%, 5%, 10% dan 15%

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Berdasarkan grafik diatas pengujian kuat tekan beton pada campuran limbah ban karet menurun disebabkan ban yang bersifat elastis untuk mengganti sebagian dari agregat kasar. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh nilai kekerasan dari agregat kasar sedangkan limbah ban karet yang memiliki sifat elastis. Limbah ban karet memiliki *inter locking* yang rendah sehingga menyebabkan nilai kuat tekan mengalami penurunan dan limbah ban karet yang licin sehingga mempengaruhi nilai rekat dari mortar.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Mutu kuat tekan beton normal pada umur 7 hari didapat sebesar 16,81 MPa, umur 14 hari sebesar 18,37 MPa, dan umur 28 hari sebesar 20,89 MPa.
- 2 Mutu kuat tekan beton kadar limbah ban karet 5% pada umur 7 hari didapat sebesar 7,56 MPa, umur 14 hari sebesar 9,78 MPa, dan umur 28 hari sebesar 11,70 MPa.
- 3 Mutu kuat tekan beton kadar limbah ban karet 10% pada umur 7 hari didapat sebesar 7,26 MPa, umur 14 hari sebesar 9,33 MPa, dan umur 28 hari sebesar 11,41 MPa.
- 4 Mutu kuat tekan beton kadar limbah ban karet 15% pada umur 7 hari didapat sebesar 5,78 MPa, umur 14 hari sebesar 8,59 MPa, dan umur 28 hari sebesar 9,19 MPa.
- 5 Pengujian kuat tekan beton pada campuran limbah ban karet menurun disebabkan ban yang bersifat elastis untuk mengganti sebagian dari agregat kasar. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh nilai kekerasan dari agregat kasar sedangkan limbah ban karet yang memiliki sifat elastis. Limbah ban karet memiliki *interlocking* yang rendah sehingga menyebabkan nilai kuat tekan mengalami penurunan dan limbah ban karet yang licin sehingga mempengaruhi nilai rekat dari mortar.
- 6 Berdasarkan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dari pengujian dapat disimpulkan bahwa limbah ban karet yang dijadikan pengganti sebagian agregat kasar tidak dapat menaikkan mutu beton.

5.2 Saran

Saran yang dapat berikan berdasarkan dari hasil penelitian sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan jumlah persentase penambahan limbah ban karet yang lebih kecil untuk mendapatkan perbandingan yang lebih bervariasi.
2. Sebaiknya campuran beton menggunakan variasi kadar ban karet sebagai salah alternatif penggantian sebagian agregat kasar dilakukan pengujian kuat lentur.

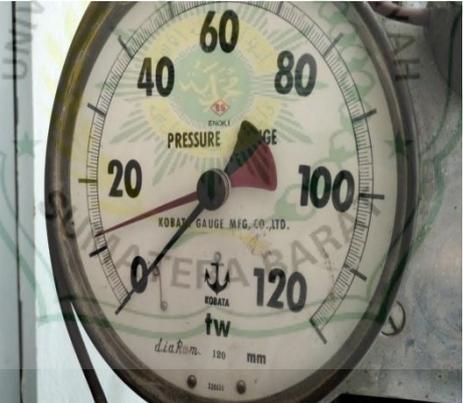


DAFTAR PUSTAKA

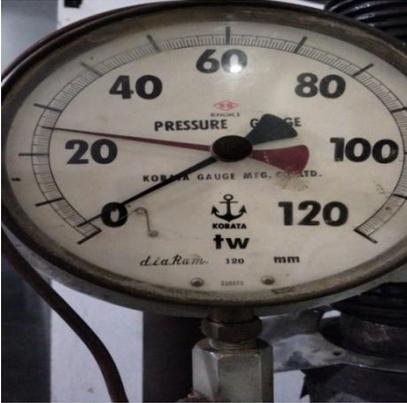
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Metode Pengujian untuk Mengukur Nilai Kuat Tekan Beton Pada Umur Awal dan Memproyeksikan Kekuatan pada Umur Berikutnya*. (SNI 03-2874-2002), Jakarta.
- Chaniago P, 2017, Studi Eksperimen Kuat Tekan, Slump dan Modulus Elastisitas beton dengan Bahan Semen PCC Type 1 yang berbeda merek, *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, Pontianak.
- Frida, E. (2011). Penggunaan Anhidrida Maleat-Grafted-Polipropilena (Am-G-Pp) Dan Anhidrida Maleat-Grafted-Karet Alam (Am-G-Ka) Pada Termoplastik Elastomer (Tpe) Berbasis Polipropilena, Kompon Karet Alam Sir-20 Dan Serbuk Ban Bekas [Disertasi]. *Program Doktor Ilmu Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara*.
- Hunggurami, E (2017). *Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656 : 2012*. VI(2), 165-172
- Ikhsan Sefri Priambodo *Pengaruh Penambahan Fly*, Fakultas Teknik UMP, 2016. 6-41.
- Masril, M. (2018). Perbandingan Kuat Tekan Beton antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) dengan Batu Alam Palembang untuk Beton Struktur. *Rang Teknik Journal*, 1(1).
- Mulyono, T, (2004), "Teknologi Beton", Andi ; Yogyakarta.
- Phil M. Ferguson, *Dasar-dasar Beton Bertulang*, alih bahasa Budianto Setianto, Jakarta, Erlangga, (1991).
- Setiabudi, Dkk (2019). *Kajian Penggunaan Potongan Ban Bekas Terhadap Kuat Tekan Beton*. Vol.6, ISSN 2337-7313, Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Jaya.
- SNI 15-7064-2004. (2004). *Semen Portland Komposit*, Badan Standarisasi.
- Tim Penyusun. 1996. *Panduan Praktikum Beton Prodi Sipil UMSB*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Bukittinggi.
- Tjokrodinuljo, K, 1999, *Teknologi Beotn*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN
DOKUMENTASI UJI KUAT TEKAN BETON

Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 5%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		22
Sampel 2		12
Sampel 3		17

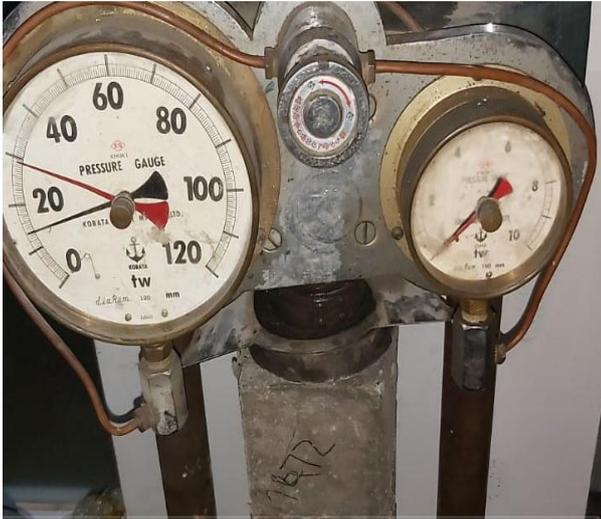
Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		21
Sampel 2		22
Sampel 3		23

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle is positioned at approximately 28 on the scale, which ranges from 0 to 120. The gauge is mounted on a concrete cylinder.</p>	28
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle is positioned at approximately 25 on the scale, which ranges from 0 to 120. The gauge is mounted on a concrete cylinder. A watermark for Universitas Sumatera Utara is visible in the background.</p>	25
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle is positioned at approximately 26 on the scale, which ranges from 0 to 120. The gauge is mounted on a concrete cylinder.</p>	26

Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 10%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a mechanical pressure gauge assembly. The main gauge on the left has a scale from 0 to 120 with major markings every 20 units. The needle points to approximately 13. A smaller gauge on the right has a scale from 0 to 10 with major markings every 2 units. The needle on this gauge points to approximately 1.3. The assembly is mounted on a vertical metal rod.</p>	13
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of the main pressure gauge. The needle is clearly pointing to the 20 mark on the scale. A large, semi-transparent watermark is overlaid on the image, reading 'UNIVERSITAS MAHADHARAJA SUMATERA BARU'.</p>	20
Sampel 3	 <p>A photograph of the pressure gauge assembly, similar to the first one. The main gauge needle points to approximately 16. The smaller gauge on the right points to approximately 1.6. The assembly is mounted on a vertical metal rod.</p>	16

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a circular pressure gauge. The gauge face is white with black markings and numbers. The scale ranges from 0 to 120, with major increments every 20 units (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120). The needle is positioned exactly on the 22 mark. The text 'PRESSURE GAUGE' is printed at the top of the dial. Below the dial, there is a logo featuring an anchor and the letters 'TW'. The gauge is mounted on a metal frame.</p>	22
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a circular pressure gauge, similar to the one in the first row. The needle is positioned exactly on the 20 mark. A large, semi-transparent watermark is overlaid on the image, reading 'UNIVERSITAS SUMATERA BARU'.</p>	20
Sampel 3	 <p>A photograph showing two pressure gauges. The primary gauge on the left has a needle pointing to 21. A smaller gauge is visible on the right. The gauges are connected to a metal assembly. The number '1823' is handwritten on the metal part below the gauges.</p>	21

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		29
Sampel 2		30
Sampel 3		18

Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Ban Karet 15%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge attached to a testing machine. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120, with major increments every 20 units (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120). The needle is positioned slightly past the 100 mark, indicating a reading of approximately 16 tons. The gauge is mounted on a metal frame, and a concrete specimen is visible at the bottom of the frame.</p>	16
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge, similar to the one in the first row. The needle is positioned at the 10 mark on the scale, indicating a reading of approximately 10 tons. A large, semi-transparent watermark of a university crest is overlaid on the image, partially obscuring the gauge and the concrete specimen below.</p>	10
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle is positioned between the 10 and 20 marks, indicating a reading of approximately 13 tons. The gauge is mounted on a metal frame, and a concrete specimen is visible at the bottom.</p>	13

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a pressure gauge assembly. The main gauge on the left has a scale from 0 to 120 MPa with major markings every 20 units. The needle points to approximately 25 MPa. A smaller gauge on the right has a scale from 0 to 10 MPa. The assembly is mounted on a vertical pipe.</p>	16
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of the main pressure gauge. The needle is positioned between the 20 and 40 MPa marks, indicating a reading of approximately 22 MPa. The gauge face includes the text 'PRESSURE GAUGE', 'KOBAS GANCO-INDONESIA LTD.', and 'di Raha'.</p>	22
Sampel 3	 <p>A photograph of the pressure gauge assembly, similar to the first image. The main gauge on the left shows a reading of approximately 20 MPa. The smaller gauge on the right shows a reading of approximately 2 MPa.</p>	20

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a circular pressure gauge. The dial is white with black markings and numbers. Major numbers are at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The needle points to a value slightly above 20, approximately 23. The text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO. LTD.', and 'dia. 100 mm'. There is also a logo of an anchor and the letters 'tw'.</p>	23
Sampel 2	 <p>A photograph showing a pressure gauge with a reading of approximately 18 MPa. The gauge is part of a larger mechanical assembly. In the background, a watermark for 'UNIVERSITAS SUMATERA BARAT' is visible. The gauge dial has markings from 0 to 120, with the needle pointing to 18.</p>	18
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge showing a reading of approximately 21 MPa. The dial is white with black markings and numbers from 0 to 120. The needle points to 21. The text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. CO. LTD.', and 'dia. 100 mm'. There is also a logo of an anchor and the letters 'tw'.</p>	21

**ALAT DAN BAHAN
PENELITIAN BETON**

No	Alat dan Bahan	
1	Timbangan	
2	Concrete Mixer (Molen)	
3	Kerucut Abrams	

4	Agregat Kasar	
5	Agregat Halus	
6	Semen	
7	Potongan Ban Bekas	