

**STUDI KUAT TEKAN DAN UJI XRF BETON MUTU
TINGGI DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh :

NELSON NP TODING KARAENG

1820121083



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

MAKASSAR

2022

**STUDI KUAT TEKAN DAN UJI XRF BETON MUTU
TINGGI DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH**

Oleh

NELSON NP TODING KARAENG

1820121083

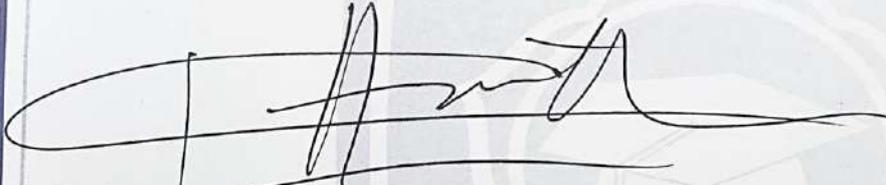
Menyetujui,

Pembimbing

Makassar, Maret 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Nur Khaerat Nur, ST., MT., ACPE., IPM., ASEAN. Eng. Asri Mulya Setiawan, ST., MT
NIDN: 0901107301



NIDN: 0921118801

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar



Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT
NIDN: 0906107701



Facmawaty Rachim, ST., MT
NIDN: 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“Studi Kuat Tekan Dan Uji XRF Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Limbah” adalah karya orisinal saya dan setiap seluruh sumber acuan yang telah ditulis sesuai dengan Paduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, Oktober 2022

Yang menyatakan



Nelson Np Toding Karaeng

ABSTRAK

Studi Kuat Tekan Dan Uji Xrf Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Limbah, NELSON NP TODING KARAENG. Dampak negatif dari Indonesia sebagai negara yang berkembang adalah banyaknya rumah atau gedung lama yang dihancurkan karena lahan tersebut akan dipakai untuk kepentingan infrastruktur baru. Sisa-sisa dari penghancuran rumah atau Gedung lama tersebut dapat berupa limbah beton atau baja. Maka dari itu muncullah inovasi menggunakan limbah beton tersebut sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton segar. Di lain sisi keunggulan dari alternatif penggunaan limbah beton ini adalah mengurangi limbah beton dan biaya dapat lebih ekonomis dibandingkan menggunakan agregat alami, dimana pada zaman sekarang agregat alami yang berkualitas sudah semakin sulit diperoleh karena pengggaliannya yang dapat merusak lingkungan. XRF merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur dan persentasenya dalam suatu material. Penggunaan metode X-Ray Fluorescence dalam penelitian ini berdasarkan pertimbangan bahwa teknik ini mempunyai batas deteksi hingga satuan ppm (part per million). Metode XRF mempunyai beberapa keuntungan diantaranya biaya relatif murah, multielemental (dapat mendeteksi berbagai macam material), analisisnya cepat dan hasil analisisnya bersifat kualitatif dan kuantitatif. Pengujian dilakukan setelah perendaman selama 28 hari dimana silinder ukuran 10cm x 12cm x 60cm. Dari penelitian ini didapatkan Perbandingan kuat tekan yang didapatkan pada tiap sampel benda uji dari 3 variasi yang digunakan antara lain, pada beton normal atau variasi (0%) sebesar 36,9 Mpa, pada variasi (100%) sebesar 37,7 Mpa, dan pada variasi (50%) sebesar 39,4 Mpa. Persentase peningkatan kuat tekan yang didapatkan pada tiap-tiap sampel benda uji antara lain variasi (0%) diperoleh kenaikan 19%, pada variasi (50%) diperoleh kenaikan 17%, sedangkan pada variasi (100%) hanya mengalami kenaikan 3%. Dari hasil pengujian XRF beton normal, beton limbah 50% dan 100% dapat diketahui bahwasanya unsur-unsur pembentuk yang ada pada beton limbah mengalami penambahan beberapa unsur yang tidak dimiliki beton normal antara lain (Ba, Rb, Ru, Rh, Pd dan Cl).

Kata Kunci: *beton, beton SCC, limbah beton, XRF.*

ABSTRACT

Study Of High Quality Concrete Compression And Xrf Test With Waste Utilization, NELSON NP TODING KARAENG. The negative impact of Indonesia as a developing country is that many old houses or buildings are destroyed because the land will be used for new infrastructure. The remnants of the demolition of the old house or building can be in the form of concrete or steel waste. Steel waste can be recycled into new steel, while concrete waste cannot be recycled again so it only becomes waste that pollutes the environment. Structural damage also often occurs, even though the construction has been carried out as well as possible, but sometimes there is also a small or even large damage that can occur. Often, the damage that occurs to reinforced concrete cannot be avoided due to many factors, such as natural factors that cannot be prevented due to natural conditions that cannot be resisted or chemical factors. which can damage the quality of the concrete. One method that can be used to analyze the elemental content in concrete is the X-Ray Fluorescence (XRF) method. XRF is a tool used to determine the elemental content and percentage in a material. The use of the X-Ray Fluorescence method in this study is based on the consideration that this technique has a detection limit of up to ppm (parts per million). The XRF method has several advantages including relatively low cost, multielemental (can detect a variety of materials), fast analysis and qualitative and quantitative analysis results. The testers were carried out after immersion for 28 days where the cylinder size was 10cm x 12cm x 60cm. From this study, it was found that the comparison of the compressive strength obtained in each sample of the specimen from the 3 variations used, among others, in normal concrete or variation (0%) of 36.9 Mpa, on variation (100%) of 37.7 Mpa, and at variation (50%) of 39.4 Mpa. The percentage increase in the compressive strength obtained in each sample of the test object, among others, variation (0%) obtained an increase of 19%, the variation (50%) obtained an increase of 17%, while the variation (100%) only increased 3%. From the XRF test results of normal concrete, 50% and 100% waste concrete, it can be seen that the forming elements in the waste concrete have added several elements that normal concrete does not have, including (Ba, Rb, Ru, Rh, Pd and Cl).

Keywords : Concrete , SCC concrete, waste concrete, XRF.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Studi Kuat Tekan Dan Uji XRF Beton Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Limbah ”**. Dimana penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada Program Studi teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Penulis menyadari bahwa selesainya proposal penelitian ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Sejak dari penyusunan hingga selesainya proposal penelitian ini adalah berkat keterlibatan berbagai pihak. Olehnya pada kesempatan penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang mendukung dalam penyusunan proposal ini, saya ucapkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Phelipus P.K dan Ibunda Sarce Ittang..
2. Dr. Mulyadi Hamid, S.E., M.Si selaku Rektor Universitas Fajar Makassar.
3. Dr. Erniati, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar.
5. Dr. Ir. Nur Khaerat Nur ST.,MT.,ACPE.,IPM.,ASEAN.Eng selaku Pembimbing I.
6. Asri Mulya Setiawan, ST., MT selaku dosen Pembimbing II.
7. Dosen, Staf, dan Karyawan Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Fajar.
8. Rekan mahasiswa Angkatan 2018 Prodi Teknik Sipil.
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu dalam penyelesaian proposal ini.

Tak lupa pula penulis haturkan maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan proposal ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan proposal ini. Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat, walaupun penulis menyadari bahwa proposal ini masih memiliki

banyak kekurangan. Penulis mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis guna untuk menyempurnakan.

Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan berkat dan anugerah dari Allah SWT. Aamiin

Makassar,2022

Nelson Np Toding Karaeng

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I	1
PENDAHALUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Beton	7
II.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton	7
II.3 Faktor yang Mempengaruhi Beton	8
II.3.1 Jumlah Semen pada tiap Kubik Beton.....	8
II.3.2 Faktor A/C	9
II.3.3 Kekerasan Agregat	10
II.3.4 Gradasi Agegat	10
II.3.5 Pembersihan Agregat.....	10
II.3.6 Semen Sebagai Bahan Beton.....	11
II.3.7 Pengadukan Campuran Beton	12

II.3.8 Metode Penelitian.....	12
II.3.9 Kuat Tekan	13
II.3.10 Mobilisasi Campuran Beton.....	13
II.3.11 Pemeliharaan Beton Curing.....	14
II.3.12 Umur Beton	14
II.3.13 Temperatur Beton.....	15
II.4 Beton Mutu Tinggi (<i>High Strength Concrete</i>).....	16
II.5 Bahan yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi.....	17
II.5.1 Semen Portland.....	17
II.5.2 Agregat Halus	18
II.5.3 Agregat Kasar	19
II.5.4 Zat Adiktif	21
II.5.5 Air	22
II.6 Beton Silinder	22
II.7 Limbah Beton	23
II.8 X-Ray Fluorescence	24
II.8.1 Aplikasi XRF.....	28
II.8.2 Kekuatan.....	29
II.8.3 Keterbatasan.....	29
II.9 Kuat Tekan	29
II.10 Penelitian Terdahulu	30
BAB III	36
METODE DAN PELAKSANAAN.....	36
III.1 Waktu Dan Penelitian	36
III.2 Alat Dan Bahan.....	36
III.3 Pelaksanaan Penelitian	37
III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	37

III.3.2 Benda Uji	39
III.3.3 Pengujiam Kuat Tekan.....	40
III.3.4 Uji XRF.....	41
III.4 Metode Pengumpulan Data	41
III.5 Olah Data	41
III.6 Analisis Data	42
III.7 Bagan Alur	43
BAB IV	44
HASIL DAN PEMBAHASAN	44
IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat	44
IV.2 Hasil Yang Didapatkan Dalam Pengujian Agregat (Agregat Halus Dan Agregat Kasar Alami).....	44
IV.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Limbah Beton)	46
IV.4 Rancangan Campuran (Mix Design)	47
IV.5 Slump Test	47
IV.6 Pengujian Kuat Tekan	49
IV.7 Pengujian XRF	52
IV.7.1 Silinder Normal.....	53
IV.7.2 Silinder 50%.....	56
IV.7.3 Silinder 100%.....	59
BAB V.....	62
PENUTUP.....	62
IV.1 Kesimpulan.....	62
IV.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Kebutuhan Semen M ³	8
Tabel II. 2 Hubungan Antara Umur dan Kekuatannya.....	14
Tabel II. 3 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.....	15
Tabel II. 4 Jenis Beton Mutu Tinggi.....	17
Tabel II. 5 Susunan Unsur Semen Portland.....	18
Tabel II. 6. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus Menurut SNI.....	19
Tabel II. 7 Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Menurut SNI.....	20
Tabel II. 8 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.....	23
Tabel II. 9 Nilai Slump Test Penelitian Terdahulu.....	30
Tabel II. 10 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Peneliti Terdahulu.	32
Tabel III. 1 Pengujian Agregat Halus	38
Tabel III. 2 Variabel Curing air tawar (10 cm x 20 cm).....	39
Tabel IV. 1 Rekap dari hasil pengujian agregat halus. (Pasir).....	45
Tabel IV. 2 Rekap pengujian dari agregat kasar (Limbah Beton).....	46
Tabel IV. 3 Campuran Bahan Beton 1 m ³	47
Tabel IV. 4 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji sebesar 0.0072 m ³ Ukuran Benda Uji (0,020 m x 0,010 m).	47
Tabel IV. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton	48
Tabel IV. 6 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder Normal	49
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Lima Puluh Persen (SL 50%).....	50
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Seratus Persen (SL 100%).....	50
Tabel IV. 9 Hasil Analisis Unsur Pada Beton Normal.....	53
Tabel IV. 10 Hasil Analisis Oksida pada Beton Normal.....	54
Tabel IV. 11 Hasil analisis Unsur Pada Beton Limbah 50%.....	56
Tabel IV. 12 Hasil analisis Oksida Pada Beton Limbah 50%.....	57
Tabel IV. 13 Hasil analisis Unsur Pada Beton Limbah 100%.....	59
Tabel IV. 14 Hasil analisis Oksida Pada Beton Limbah 100%.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Prinsip Analisis X-Ray.....	26
Gambar II. 2 Skema Cara Kerja Alat	27
Gambar III. 1 Sampel Silinder.....	39
Gambar III. 2 Alat Uji Kuat Tekan.....	40
Gambar III. 3 Bagan Alur	43
Gambar IV 1 Pengujian Slump	49
Gambar IV 2 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Normal (SN).....	49
Gambar IV 3 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 50%.....	50
Gambar IV 4 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 1000%.....	51
Gambar IV 5 Histogram Kuat Tekan pada Masing-Masing Variasi Benda Uji ...	51
Gambar IV 6 Gambar Alat Uji XRF	52
Gambar IV 7 Presentase Kadar Unsur yang Terkandung Pada Beton Normal....	54
Gambar IV 8 Presentase Kadar Oksida yang Terkandung pada Beton Normal ..	55
Gambar IV 9 Presentase Kadar Unsur yang Terkandung pada Beton limbah 50%	57
Gambar IV 10 Presentase Kadar Oksida yang Terkandung pada Beton limbah 50%	59
Gambar IV 11 Presentase Kadar Unsur yang Terkandung pada Beton limbah 100 %.....	60
Gambar IV 12 Presentase Kadar Oksida yang Terkandung pada Beton limbah 100 %.....	61

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Halaman
SII	<i>Standar Industri Indonesia</i>	1
XRF	<i>X-Ray Fluoresence</i>	2
SCC	<i>Self Compacting Concrete</i>	3
Mpa	<i>Mega Pascal</i>	3
F'c	Kuat Tekan	3
SNI	<i>Standar Nasional Indonesia</i>	4
ACI	<i>American Concrete Institute</i>	5
cm	<i>Centi Meter</i>	5
Kg	<i>Kilo gram</i>	6
m ³	<i>Meter Kubik</i>	6
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>	11
EFNARC	<i>The European Indonesia Specialist Construction Chemical and Concrete System</i>	15
FAS	Faktor Air Semen	16
UHPC	<i>Ultra High Performance Concrete</i>	16
RPC	<i>Reactive Powder Concrete</i>	16
gr	Gram	22
BN	Beton Normal	24
BL	Beton Limbah	24
θ	<i>Teta</i>	27
P	Beban	30
A	Luas Penampang	30
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	34
ml	Mili Liter	36
SN	Silinder Normal	39
SL	Silinder Limbah	39
KN	Kilo Newton	49

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang demikian pula dengan infrastrukturnya. Salah satu contoh infrastruktur di Indonesia yang berkembang adalah banyaknya Gedung pencakar langit yang sedang dibangun. Pada umumnya gedung pencakar langit memiliki beban yang lebih besar dibandingkan dengan gedung biasa sehingga kolom pada Gedung pencakar langit membutuhkan beton dimensi yg besar. Akibatnya untuk memperkecil dimensi elemen struktur penggunaan beton mutu tinggi (*high strength concrete*) semakin banyak dipakai dan dikembangkan di Indonesia.

Disisi lain, dampak negatif dari Indonesia sebagai negara yang berkembang adalah banyaknya rumah atau gedung lama yang dihancurkan karena lahan tersebut akan dipakai untuk kepentingan infrastruktur baru . Sisa-sisa dari penghancuran rumah atau Gedung lama tersebut dapat berubah limbah beton atau baja. Limbah baja dapat didaur ulang menjadi baja yang baru, sedangkan limbah beton tidak dapat didaur ulang kembali sehingga hanya menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Maka dari itu muncullah inovasi menggunakan limbah beton tersebut sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton segar.

Di lain sisi keunggulan dari alternatif penggunaan limbah beton ini adalah mengurangi limbah beton dan biaya dapat lebih ekonomis dibandingkan menggunakan agregat alami, dimana pada zaman sekarang agregat alami yang berkualitas sudah semakin sulit diperoleh karena pengggaliannya yang dapat merusak lingkungan.

Beton agregat daur ulang merupakan campuran beton yang menggunakan limbah pecahan beton sebagai pengganti agregat penyusun beton dalam hal ini digunakan sebagai pengganti agregat kasar. Berdasarkan SII No. 0052-80, hasil pemecahan beton sebagian besar memenuhi syarat agregat untuk beton sehingga bahan hasil pemecahan beton dapat digunakan sebagai agregat penyusun beton.

Kerusakan struktur juga sering kali terjadi, meski dalam pelaksanaan konstruksi sudah dilakukan sebaik mungkin, namun terkadang juga bahwa ada

terjadi kerusakan kecil bahkan besar bisa saja terjadi. Seringkali, kerusakan yang terjadi pada beton bertulang tidak dapat dihindarkan dikarenakan banyak faktor, seperti faktor alam yang tak bisa dicegah dikarenakan dengan kondisi alam yang tidak bisa dilawan maupun faktor kimiawi. yang dapat merusak mutu beton.

Adapun Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kandungan unsur dalam beton adalah metode X-Ray Fluorescence (XRF). XRF merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur dan persentasenya dalam suatu material. Penggunaan metode X-Ray Fluorescence dalam penelitian ini berdasarkan pertimbangan bahwa teknik ini mempunyai batas deteksi hingga satuan ppm (part per million) (Fitri, 2016: 3). Metode XRF mempunyai beberapa keuntungan diantaranya biaya relatif murah, multielemental (dapat mendeteksi berbagai macam material), analisisnya cepat dan hasil analisisnya bersifat kualitatif dan kuantitatif.

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan sebelumnya maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian beton mutu tinggi dari limbah beton daur ulang Adapun penelitian ini berjudul:” **STUDI KUAT TEKAN DAN UJI XRF BETON MUTU TINGGI DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH**”

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan kekuatan beton mutu tinggi bila memakai limbah beton sebagai pengganti agregat kasar?
2. Berapa persentase peningkatan kekuatan beton mutu tinggi yang dibuat dari limbah beton dibanding dengan beton normal?
3. Bagaimana hasil analisis XRF beton mutu tinggi dari limbah beton?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan kekuatan beton mutu tinggi bila memakai limbah beton sebagai pengganti agregat.
2. Untuk mengetahui persentase peningkatan kekuatan beton mutu tinggi yang dibuat dari limbah beton.
3. Untuk mengetahui unsur dan oksidasinya pembentuk beton mutu tinggi dengan pengujian XRF.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan proposal tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan beton SCC.
2. Mix design kuat tekan yg direncanakan sebesar $f'c = 40$ Mpa.
3. Pengujian slump test pada benda uji sebesar 8 cm
4. Proses *curing* benda uji direndam dalam air tawar.
5. Pengujian XRF pada umur perendaman 28 hari.
6. Limbah beton dengan ukuran 1/2 dan 3/8
7. Kadar penggunaan limbah beton adalah 0%, 50%, dan 100%.
8. Tambahan zat aditif berupa superplasticizer merk sika visocrete 1003 dengan dosis 1%
9. Benda uji yang digunakan daalam penelitian ini yaitu silnder yg dimensinya 10 cm x 20 cm.
10. Pengujian kuat tekan benda uji beton
11. Tidak meneliti tentang pola retak beton silinder
12. Hanya menganalisis unsur dan oksida pada beton limbah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Beton

Beton adalah komponen utama dalam suatu pembangunan yang mudah didapat untuk saat ini. Beton dalam konstruksi dapat diartikan sebagai campuran bahan-bahan yang dicor pada cetakan dalam keadaan cair atau kental, yang mampu mengeras secara baik. Beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengikat berupa semen yang memiliki sifat hidrolis, yang artinya dapat mengikat dan mengeras dengan baik bila dicampur dengan air. (Soetjipto, Ismoyo; 1978).

Beton berkualitas baik memiliki banyak keunggulan, antara lain kuat tekan yang tinggi, ketahanan terhadap karat atau pembusukan akibat kondisi lingkungan, ketahanan aus dan tahan terhadap (panas, dingin, matahari, hujan). Beton juga memiliki beberapa kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996).

Dalam SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton dibuat dari agregat halus dan kasar. Agregat halus yang digunakan biasanya pasir alam atau pasir hasil stone crusher, sedangkan agregat kasar yang digunakan biasanya batu alam atau batuan hasil stone crusher limit (f_c) dalam waktu 28 hari.

Jika kita membuat beton dengan benar dan benar. Kemudian semen yang didapat juga bagus. Ciri-ciri beton yang baik adalah :

- 1) Homogen, artinya semua bahan tercampur dengan baik dan tidak mengalami segregasi (pemisahan bahan penyusun).
- 2) Strength, artinya beton mempunyai kekuatan yang diharapkan. Kekuatan dan kelemahan menunjukkan bahwa ada kesalahan yang kita buat. Baik dalam pemilihan bahan, dalam pengaturan komposisi, dalam pencampuran dan dalam perawatan beton.

- 3) Durable, daya tahan beton juga minimal seperti yang diharapkan. Biasanya beton memiliki masa pakai hingga 40-50 tahun. Setidaknya beton berusia 40 tahun itu sudah diganti. Karena hambatan akan berkurang secara perlahan yang dikhawatirkan akan mempengaruhi distribusi beban pada struktur bangunan.
- 4) Ekonomis, harga murah bukan berarti harga murahan. Ekonomis artinya pembuatan dan penggunaan beton memenuhi standar efisiensi dan efektifitas pekerjaan. Kebanyakan dari mereka akan menyangkut masalah biaya. Oleh karena itu wajar jika beton lebih murah dibandingkan bahan bangunan lainnya.

Dalam pedoman Menurut SNI 03-6468-2000 dan ACI 318, beton ACI 363R- 92 berdasarkan kuat tekannya tabung reaksi berbentuk silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) sebagai berikut:

1. Beton mutu rendah memiliki nilai $f'c$ kurang dari 20Mpa.
2. Beton mutu sedang memiliki nilai $f'c$ dari 20Mpa hingga 40Mpa.
3. Beton mutu tinggi memiliki nilai $f'c$ lebih dari 41 MPa.

Dalam pedoman Departemen Pekerjaan Umum (Puslitbang Prasarana Perhubungan, Divisi 7-2005), mutu beton menurut penggunaannya dibagi menjadi:

1. beton mutu tinggi, 41 - 65 MPa, umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang beton prategang, balok beton prategang, pelat beton prategang dan lainnya.
2. beton mutu sedang, 21 - < 40MPa, biasanya digunakan untuk beton bertulang, seperti pelat lantai, balok beton bertulang, diafragma, balok beton cor, saluran beton bertulang, sub-jembatan dan struktur beton-beton.
3. Beton mutu buruk, 15 - <20 MPa, umumnya digunakan untuk bangunan tidak bertulang seperti lantai beton dan sebagainya tanpa pasangan bata yang diisi pasangan bata dan pasangan bata. 10- <17 MPa, umumnya digunakan sebagai starter dan pengisi beton.

Jenis beton yang sering dipakai terbagi menjadi 6 antara lain :

- a. Beton Ringan.

Adalah beton yang berkapasitas ringan dari pada dengan beton normal lainnya. Bahannyapun terbuat dari agregat ringan. 1900 kg/m³

berat jenis agregat ringan untuk kegunaan dalam struktur berkisar 1440-1850 kg/m³ dengan kekuatan tekan >17,2 Mpa.

b. Beton Normal.

Beton jenis ini adalah campuran agregat kasar dan halus sehingga berat jenisnya berkisar 2200 kg/m³ sampai dengan 2400 kg/m³ dengan kuat tekan 15-40 Mpa.

c. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton Massa (*mass Concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi dan jembatan.

e. Ferro-Cement

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton Serat (*Fibre Concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak- retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi mutu beton salah satu diantaranya distribusi susunan butir agregat (gradasi), agregat bergradasi baik dalam campuran beton dapat menghasilkan beton yang berkualitas yaitu mudah dikerjakan (*workability*), awet (*durability*), kuat (*strenght*) dan ekonomis. Fakta dari beberapa sumber agregat yang memiliki susunan butir *gap grading*, bila dipakai dalam campuran beton akan menghasilkan beton yang kropos dan berpori. (Herry Widhiarto & Bambang Sujatmik, 2012).

II.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Selain beton mempunyai pengelempokan, beton juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan beton, yaitu:

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut :

1. Bahannya mudah didapatkan, sehingga harganya relatif murah.
2. masuk kedalam kategori bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan jauh lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau workbility mudah karena beton mudah untuk dicetak kedalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat sehingga cara perencanaan dan pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau mudah rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk

mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

II.3 Faktor Yang Mempengaruhi Beton

Menurut (I Gede Putu Joni, M, 2017). Di dalam setiap perencanaan konstruksi-konstruksi dari beton selalu ditetapkan dahulu mutu betonnya. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan pada mutu beton yang telah ditentukan. Mutu beton menentukan ukuran dari pada balok, kolom, plat, dinding beton. Sudah tentu perhitungan dengan mutu beton yang lebih rendah akan menghasilkan ukuran balok kolom, plat, dan dinding beton yang lebih besar bila dibandingkan dengan hasil perhitungan dari mutu beton yang lebih tinggi.

Ada beberapa hal yang harus diperhitungkan agar mutu beton dapat dilaksanakan dengan baik dengan mempertimbangkan hal berikut :

II.3.1 Jumlah Semen Pada Tiap Kubik Beton

Jumlah semen yang dipergunakan harus mendapat pertimbangan masak-masak. Di satu pihak beton akan mengalami kenaikan kekuatan dengan adanya penambahan jumlah semen, tetapi di lain pihak penambahan akan jumlah semen berakibat terjadi penyusutan (*shrinkage*) yang besar sehingga berakibat akan terjadi retak-retak. Kecuali itu harga beton menjadi mahal. Jadi dalam hal ini kebutuhan akan jumlah semen amat menentukan yang merupakan bahan pengikat sehingga dapat merata masuk di antara bahan pengisi beton (baik bahan kasar, misalnya kerikil maupun bahan halus, misalnya pasir). Jumlah minimum kadar semen pada campuran beton harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu mengisi ruang-ruang antara pada bahan pengisi. Dalam hal ini kalau kurang cukup semen sebagai bahan pengisi pori-pori campuran beton, maka akan didapatkan. suatu campuran beton yang sukar dimampatkan demikian pula beton akan poreus, permeable dan tidak tahan lama sehingga kekuatan beton akan menurun. Pada campuran beton dengan gradasi yang memenuhi syarat maka kebutuhan semen tiap m³ dengan mutu beton tertentu dapat digambarkan seperti tabel di bawah ini.

Tabel II. 1 Kebutuhan Semen M³

Kelas Mutu Beton	Kebutuhan Akan Semen / m ³
------------------	---------------------------------------

K125	± 225 kg
K175	± 275 s / d 290 kg
K225	± 300 s / d 325 kg

Sumber : Jurnal, I Gede Putu Joni (2017).

II.3.2 Faktor A/C

Untuk kesempurnaan proses pengerasan semen, maka memerlukan jumlah air sebanyak 12% sampai 15% dari berat semen yang dipergunakan. Tetapi kalau pada waktu mengaduk campuran beton hanya diberikan air sebanyak seperti tersebut di atas, maka akan didapatkan suatu campuran beton yang sangat sulit dikerjakan. Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan baik, maka pemberian air harus lebih banyak sehingga ada sejumlah air yang berlebihan daripada yang dibutuhkan semen untuk proses pengerasan. Air kelebihan ini nantinya menguap dan akibatnya akan timbul pori-pori didalam beton. Kalau diberi air terlalu banyak, maka pori-pori yang terdapat dalam beton juga akan banyak, sehingga akan mengurangi kekuatan beton. Bila pori-pori sampai sambung menyambung satu sama lain, maka akan didapatkan beton yang tidak kedap air. Semakin kecil faktor A/C (berat air dibagi berat semen) akan dihasilkan mutu beton yang tinggi. Untuk faktor A/C lebih kecil atau sama dengan 0.5 maka akan menghasilkan beton yang sulit untuk dilaksanakan dalam pengecoran, sehingga akan menimbulkan keropos. Hal ini harus dihindari. Untuk mendapatkan suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan baik, maka faktor A/C hendaknya berkisar antara 0.5 s/d 0.6. jika faktor A/C mempunyai harga lebih besar daripada 0.6 maka akan didapatkan suatu campuran beton yang sulit untuk dimanfaatkan dan kekuatannya serta tidak kedap air.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor A/C yang ideal sebesar 0.55. dengan mempertimbangan sebagai berikut:

- 1) Jika airnya terlalu banyak air akan menghasilkan beton yang poreus
- 2) Kelebihan air dapat mengurangi kekuatan beton
- 3) Air yang berlebihan mengakibatkan beton tidak homogen, dan
- 4) Jika kekurangan air akan membuat beton keropos

II.3.3 Kekerasan Agregat

Pada campuran beton maka sebagai agregat kasar dipakai batu pecah (*crush stone*) dan kerikil (*carse*). Agregat ini sangat mempengaruhi kekuatan daripada beton. Kalau agregat lembek dan berpori-pori (keropos), maka kekuatan beton akan menurun, pun pula kebutuhan air akan makin bertambah banyak guna mencapai *workability* yang baik. Kalau agregat yang dipakai keras dan tidak masif (padat), maka akan dihasilkan mutu beton yang tinggi, karena kekuatan beton itu adalah merupakan jumlah kekuatan masing-masing faktor, yang antara lain termasuk kekerasan agregat. Konstruksi beton dari bahan batu pecah mempunyai kekuatan lebih besar daripada konstruksi beton dari bahan batu kerikil. Hal ini disebabkan karena permukaan batu pecah lebih kasar daripada permukaan batu kerikil, sehingga lekatan campuran pasir semen lebih baik.

II.3.4 Gradasi Agregat

Yang dimaksud dengan gradasi agregate ialah perbandingan campuran bahan-bahan pengisi beton. Setiap macam perbandingan campuran bahan pengisi akan memberikan jumlah volume pori yang berbeda. Perbandingan campuran bahan-bahan pengisi yang memberikan volume pori kecil disebut gradasi agregatnya baik, sedangkan perbandingan campuran bahan-bahan pengisi yang memberikan volume pori besar disebut gradasi agregatnya jelek. Beton yang dibuat dari bahan-bahan kurang baik dapat terlihat dari banyaknya pori-pori, kekuatannya berkurang, sedangkan beton yang mengandung sedikit pori kekuatannya lebih tinggi.

II.3.5 Pembersihan Agregat

Sebagaimana diterangkan bahwa kekerasan bahan pengisi akan mempengaruhi kekerasan beton. Oleh sebab itu material yang banyak mengandung lumpur/debu harus dihindarkan karena lumpur/debu adalah butir-butir yang sangat halus yang mempunyai kekerasan yang kurang. Sebenarnya lumpur/debu itu berasal dari pecahan-pecahan butir yang kurang keras. Yang diartikan lumpur/debu di sini adalah butir-butir yang dapat melalui ayakan 0,253 mm. agregate berasal dari dasar sungai yang kerap kali di samping mengandung lumpur

juga mengandung kotoran-kotoran organis yang mempunyai kekerasan kurang. Di samping itu kotoran organis dapat merusak beton.

II.3.6 Semen Sebagai Bahan Beton

Dapat dikatakan semen merupakan tulang punggung beton, oleh karena semen menjadi bahan yang mempersatukan butir-butir pasir dan kerikil menjadi satu kelompok yang disebut beton. Dengan demikian nilai semen langsung mempengaruhi kualitas beton. Jadi beton yang dibuat dengan semen yang bernilai lebih tinggi akan mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi juga. Produksi semen di Indonesia sekarang ada dua nilai yaitu S 550 dan S 475. Semen yang termasuk S 550 antara lain semen-semen: Gresik, Tiga Roda, Kujang dan Padang, sedangkan semen S47 ialah semen Tonasa.

Produksi semen berdasarkan standart A.S.T.M dibagi dalam 5 tipe sebagai berikut:

1. Semen Portland penggunaan umum yang tak ada bahaya sulfat. (Tipe I).
2. Semen Portland yang mempunyai daya tahan terhadap sulfat dan mempunyai panas hydratasinya sedang. (Tipe II).
3. Semen Portland yang memberikan kekuatan tinggi ada saat-saat permulaan adalah pengikatan terjadi. (Tipe III).
4. Semen Portland yang mengeras dengan lambat dan panas hydratasinya rendah. (Tipe IV).
5. Semen Portland memiliki daya tahan yang tinggi terhadap sulfat. (Tipe V).

Pada penggunaan semen tipe III akan diperoleh kekuatan beton yang meningkat pada umur muda, namun mempunyai kekuatan yang lebih rendah pada umur tua, sedangkan penggunaan semen tipe IV akan diperoleh kekuatan yang relatif rendah pada umur muda, tetapi mempunyai kekuatan yang lebih tinggi pada umur beton yang tua. Secara umum dapat dikatakan penggunaan semen tipe II, IV dan V mempunyai kekuatan lebih tinggi setelah beton berumur tua daripada semen tipe I dan III.

II.3.7 Pengadukan Campuran Beton

Beton yang mempunyai komposisi di mana butir-butir yang lebih kecil mengisi rongga antara butir yang lebih besar sehingga merupakan susunan yang kompak (baik), dengan demikian akan memberikan beton yang bermutu baik, bila susunan beton tidak kompak (baik) akan memberikan mutu yang jelek. Pengadukan dengan menggunakan tangan tidak akan dapat dihasilkan campuran beton sangatlah baik seperti di atas, karena itu adukan beton yang dicampurdengan tangan tidak diperbolehkan kecuali untuk beton-beton mutu non-struktural. Campuran beton adalah baik bila dapat tercampur dengan rata dan campuran beton adalah jelek bila tercampur tidak rata. Untuk dapat didapatkan campuran beton yang baik, maka mencampur beton harus digunakan mesin pengaduk (beton molen). Selama pengadukan berlangsung kekentalan adukan beton harus tetap terjaga terus-menerus dengan cara memberikan slump pada setiap campuran yang baru. Besaran slump merupakan petunjuk apakah jumlah pemberian air cukup atau tidak. Waktu pengadukan dilakukan secukupnya, sehingga adukan beton cukup rata. Lamanya pengadukan bergantung pada kapasitas drum pengaduk, banyaknya adukan jenis dan susunan butir dari agregat serta slumpnya. Pada umumnya harus diambil paling sedikit 1.5 menit.

II.3.8 Metode Pematatan

Untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi, maka kepadatan beton adalah sangat menentukan di samping faktor-faktor lainnya. Kepadatan beton dipengaruhi oleh, gradasi agregat, *work ability*, dan pematatannya. Pematatan bisa dilakukan dengan cara merojok, namun dengan cara ini akan diperoleh hasil yang terbatas. Dengan cara rojokan ini butir-butir digoyangkan keseimbangannya sehingga berpindah satu terhadap lainnya mencari keseimbangan baru yang lebih memadat. Di samping dengan merojok juga disertai dengan memukul-mukul cetakan/bekisting agar adukan beton dapat mengisi seluruh ruangan. Bila pematatannya dilakukan dengan merojok hasil kepadatannya terbatas, maka mutu beton pun juga terbatas, karena semakin padat beton semakin tinggi mutunya, semakin tidak padat beton semakin rendah mutunya. Maka dianjurkan pematatan

dengan menggunakan alat-alat pemadat mekanis baik berupa jarumpenggetar maupun penggetar harmer (bekisting). Dengan cara ini energi yang dihasilkan lebih besar dan daya pematatannyapun lebih tinggi, sehingga dapat diperoleh beton yang lebih baik. Untuk dapat dicapai kepadatannya yang baik, pemadatan harus dilakukan merata dengan waktu penggetaran di setiap tempat secukupnya. Penggetaran yang berlebihan kurang baik, sebab terjadi segregasi (pemisahan), ini dapat terlihat pada permukaan yang digetar timbul lapisan air. Bila terjadi pemisahan maka komposisi gradasinya menjadi kacau sehingga beton kurang padat yang berakibat pula terhadap mutu beton, dalam hal ini mutu beton menjadi lebih rendah.

II.3.9 Kuat Beton.

Di dalam pelaksanaan pengecoran beton diusahakan dapat diperoleh suatu hasil beton yang padat, rata tidak keropos/tidak terjadi sarang kerikil. Keropos dan sarang kerikil pada bagian beton akan sangat mempengaruhi kekuatan konstruksi, terutama bila terjadi pada bagian beton yang terkena beban tekan. Keropos dan sarang kerikil ini perlu ditutup/ditambal yang sebelumnya harus dibersihkan dahulu. Di dalam penambalan ini sebaiknya diberikan bahan tambahan yang mempunyai fungsi mempertinggi daya lekat beton lama dan baru. Namun penambahan ini tidak memperbaiki/menolong kekuatan konstruksi, akan tetapi berfungsi sebagai pelindung besi beton terhadap pengaruh udara yang bisa mengakibatkan perkaratan, di samping memperbaiki bentuk permukaan. Jadi akibat keropos walaupun kemudian ditambal, pengaruhnya sama saja dengan tidak ditambal, sehingga sangat mengurangi kekuatan konstruksi.

II.3.10 Mobilisasi Campuran Beton

Pencampuran beton pada umumnya dilakukan tidak langsung pada tempat pengecoran. Malah sering pencampuran adukan beton dilakukan jauh dari tempat pengecoran misalnya ready mix plant. Dalam hal ini perlu diperhatikan terhadap transportasinya :

1. Transport beton dapat dilakukan dengan tangan, ember, kereta dorong dan sebagainya ataupun secara mekanis/pneumatis.

2. Selama mentransport beton dari alat pengaduk sampai tempat pengecoran harus diusahakan agar konsistensi beton tetap sebagai semula, sehingga mencapai kekuatan yang diperlukan.
3. Pemakaian/penyampuran dari macam lain kualitas beton yang digunakan harus dicegah.
4. Semua alat-alat transport diatur/diusahakan sehingga mencapai adanya kelangsungan pengecoran (*continuous flow*)

Pengecoran sudah harus dilakukan sebelum terjadi proses mengeras, (*setting time*). Bila hal ini terjadi, maka proses pengerasan beton akan terganggu dan dapat mengakibatkan berkurangnya mutu beton. Bila untuk transportasi diperlukan waktu yang lama, maka setting time dapat diperlambat dengan menambahkan bahan tambahan.

II.3.11 Pemeliharaan Beton (*Curing*)

Kandungan air yang terdapat dalam beton yang baru dicor melebihi dari air yang diperlukan untuk proses hydrasi cement. Akan tetapi kehilangan air ini oleh karena penguapan yang terjadi setelah beton dicor, akan menyebabkan tidak sempurnanya proses hydrasi. Kehilangan air ini terjadi bila beton tidak dilindungi terhadap pengaruh sinar langsung matahari dan kekeringan udara. Tujuan daripada curing untuk mencegah kehilangan air pada saat-saat awal. Bila proses hidrasi tidak sempurna maka akan mengakibatkan menjadi rendahnya kekuatan beton.

II.3.12 Umur Beton

Kekuatan dari pada beton semakin meningkat bila umur beton bertambah. Akan tetapi kekuatan beton didasarkan atas kekuatan jika mencapai umur 28 hari. Semakin bertambah umur beton, maka proses pengerasan semakin baik, sehingga kekuatannya semakin meningkat. Hubungan kekuatan beton terhadap umur beton dapat dilihat di bawah ini (sesuai P3I 1971).

Tabel II. 2 Hubungan Antara Umur dan Kekuatannya

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : P31 1971.

II.3.13 Temperatur Beton

Pembuatan beton dan pengecoran beton sebaiknya dikerjakan pada temperature-temperature yang tidak tinggi agar dapat diperoleh mutu beton yang baik. Temperature pada saat pembuatan dan pengecoran beton sebaiknya dibatasi paling tinggi 900F. Dibatasinya temperature maximum pada pengecoran beton karena bila pengecoran pada temperature yang tinggi dapat mengurangi mutu beton ataupun keawetannya bila dibandingkan dengan pengecoran pada temperature yang lebih rendah. Pengecoran beton pada temperature yang tinggi juga memerlukan air yang lebih banyak sehingga susut beton pun menjadi lebih besar. Untuk mengatasi temperature yang tinggi ini bisa dikerjakan diantaranya sebagai berikut :

1. Dengan memakai air dingin pada pengecoran. Pendinginan air dapat dikerjakan dengan memberikan es.
2. Dengan jalan mendinginkan kerikil. Kerikil dapat didinginkan dengan menyemprot air dingin.
3. Melindungi material dari sinar matahari dengan atap memberikan atap jala.
4. Dan lain-lain, seperti pengecoran pada malam hari.

Proporsi jumlah material penyusun SCC berdasarkan metode EFNARC (*the European federation of specialist constructions mechanical dan concrete system*) seperti pada tabel berikut:

Tabel II. 3 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC

Material	Internal berat (kg/m ³)
----------	-------------------------------------

Powder	380-600
Air	150-21-
Agregat kasar	750-1000
Agregat halus	48-55% dari berat agregat

Sumber: EFNARC 2005.

II.4 Beton Mutu Tinggi (*Hight Strength Concrete*).

Sesuai dengan SNI (SNI 03-6468-2000), beton mutu tinggi memiliki kekuatan yang relatif cukup besar yaitu kuat tekan minimal > 41,4 Mpa. Pekerjaan konstruksi bangunan seperti pier, poer, girder jembatan, spin poel pondasi, sheet pile adalah elemen struktur bangunan tingkat tinggi, sehingga beton mutu tinggi sangatlah penting untuk digunakan dalam pembagunan struktur tersebut. Beton mutu tinggi umumnya selain memiliki kuat tekan yang tinggi juga memiliki kelemahan yaitu meningkatnya tingkat getasnya (Brittle), oleh karena itu bisanya beton mutu tinggi dimodifikasi dengan material serat/batang fiber untuk meningkatkan tingkat daktalitasnya. Dalam mix design beton mutu tinggi dalam proses pembuatannya selalu menjaga FAS air –semen (Water/Cement Ratio) yaitu berkisar 0,2 sampai dengan 0,3 agar didapatkan tingkat porositas dalam beton berkurang, penabahan zat superplastizer digunakan untuk tidak menghilangkan sifat workability saat proses pelaksanaannya.

Dalam berkembangn teknologi beton mutu tinggi terus melaksanakan penelitian dan pengembangan, sebagai contoh perubahan beton mutu tinggi menjadi beton berkinerja tinggi (Ultra High Performance Concrete -UHPC) dengan kuat tekan dapat mencapai $f_c' = 240$ Mpa dan kini sedang dikembangkan beton reaktif yang dikenal dengan istilah Reactive Powder Concrete - RPC dengan menggunakan material reaktif berukuran mikro – nano seperti silica dan Quartz. Pada penggunaan beton mutu tinggi, dimensi beton dapat direduksi sehingga secara otomatis dapat mengurangi bobot massa struktur bangunan. Beton mutu tinggi seringkali mengurangi kegunaan ukuran agregat kasar yang besar dimana tingkat kehalusan dan kekerasan agregat yang digunakan lebih diutamakan hal itu berdasarkan pada beberapa percobaan.

Menurut (Paul Nugraha & Antoni, 2007), Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Dalam produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk memaksimalkan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton : agregat, pasta semen, dan lekatan semen-agregat. Hal ini memerlukan perhatian pada produksi, yaitu mulai dari mix design, material penuangan dan penanganan. Peran penting dan kerja sama antara pemasok, perencana dan kontraktor untuk tetap menjaga kualitas beton.

Tabel II. 4 Jenis Beton Mutu Tinggi

Jenis	Faktor Air Semen	Kuat 28 Hari (MPa)	Catatan
Konsistensi normal	0.35-0.40	35-80	Slump 50-100 mm, > semen
No-slump	0.30-0.45	35-50	Slump < 25mm
w/c rendah	0.20-0.35	110-170	Pakai admixtures
Compacted	0.05-0.30	70-240	Tekanan > 70 MPa

Sumber: Jurnal, Paul Nugraha dan Antoni, (2007).

II.5 Bahan Yang Dipakai Sebagai Penyusun Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi juga membutuhkan bahan penyusunnya, menurut (Ervianto Moch, dkk, 2016), Bahan tersebut adalah :

II.5.1 Semen Portland

Merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI 15-2049-2004). Semen jika diaduk dengan air akan menghasilkan adukan pasta semen, sedangkan diaduk dengan air kemudian ditambah pasir akan menjadi mortar, jika ditambahkan dengan kerikil akan menjadi beton. Fungsi semen itu sendiri adalah untuk bereaksi dengan air untuk menjadi semen, dan pasta semen

berfungsi untuk mengikat butiran-butiran menjadi massa yang kompak. Semen Portland adalah material yang mengandung paling tidak 75% kalsium silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), sisanya tidak kurang dari 5% berupa Al silikat, Al ferit silikat, dan MgO.

Tabel II. 5 Susunan Unsur Semen Portland

Oksida	Persentase
1	2
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina Al ₂ O ₃	3-8
Besi Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, S ₂ O ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O	0,5-1
K ₂ O	

Sumber: zefanya (2021).

Hasil utama dari proses hidrasi semen berupa ($3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) atau $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ atau CSH yang biasa disebut tobermorite yang berbentuk gel. Hasil lain berupa kapur bebas Ca (OH)₂ yang merupakan sisa dari reaksi C₃S dan C₂S dengan air.

II.5.2 Agregat Halus

Agregat halus pada umumnya berbutir lebih kecil dari 4,80 mm, contoh agregat halus seperti, pasir, baik berupa pasir alami atau dari hasil pemecahan batu. Pasir alam dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai, atau dari tepi laut. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Adapun syarat-syarat pasir yang baik untuk digunakan dalam campuran beton, sebagai berikut :

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat lebih baik.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur.

3. Pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
4. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir.
5. Lumpur yang ada menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
6. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Tabel II. 6. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus Menurut SNI

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	SNI 03-4141-1996
2	Kadar Organik	< No.3	SNI 03-2816-1992
3	Kadar Air	2% - 5%	SNI 03-1971-1990
4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	Maks 2%	SNI 03-1970-1990
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,3	SNI 03-1970-1990
7	Modulus Halus	2,50 – 3,80	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia.

II.5.3 Agregat Kasar

Agregat kasar pada umumnya berbutir lebih besar dari 4,80 mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, keracak, batu pecah, atau split. Kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini:

1. Kerikil atau batu pecah terdiri dari butir yang keras dan tidak memiliki pori serta mempunyai sifat kekal atau tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca. Butir agregat juga tidak melebihi dari 20 % dari berat agregat seluruhnya.
2. Agregat yang dipakai tidak menggunakan atau mengandung bahan reaktif terhadap alkali jika ingin membuat beton mutu tinggi. Jika agregat yang mengalami reaktif dengan ketentuan semen kadar alkalinya dihitung setara tidak lebih dari 0,6%. Ataupun dengan cara menambahkan bahan yang dapat mencegah pemuaiannya.
3. Untuk menjaga kualitas dari agregat tidak diperkenankan memakai bahan yang dapat merusak struktur beton seperti bahan reaktif yang dapat ditunjukkan dengan percobaan warna memakai larutan NaOH.
4. Karakteristik agregat tidak diperkenankan memiliki kandungan lumpur dari 1% sehingga dapat mengganggu proses pengikatan beton. Jika terjadi pada agregat lebih dari 1% kadar lumpurnya maka dilakukan tritmen berupa pencucian agregat.
5. Dalam besaran butir agregat diatur 1/5 jarak terkecil antar bidang cetakan tidak diperkenankan jika lebih, 1/3 dari plat dan 3/4 dari jarak minimum antar tulangan.

Tabel II. 7 Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Menurut SNI

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
	1	2	3
1	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	SNI 03-4141-1996
2	Kehausan	15% - 50%	SNI 03-2417-1991

3	Kadar Air	0,5% - 2%	SNI 03-1971-1990
4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,6 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,6 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	2% - 4%	SNI 03-1969-1996
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,2	SNI 03-1969-1990
7	Modulus Kehausan	5,5 – 8,5	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia

II.5.4 Zat Adiktif

Bahan tambah mineral (additive) merupakan bahan tambah yang berguna untuk memperbaiki kinerja beton, dan lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kerja beton sehingga bahan ini lebih cenderung Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi bersifat pengikat. Ada beberapa bahan tambah yang termasuk dalam bahan tambah mineral ini antara lain adalah pozzolan, fly ash, slag, dan silica fume. Superplastizer yang digunakan pada penelitian adalah Sikamen adalah bahan tambah yang mengurangi air campuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu mudah didapatkan di toko-toko zat kimia. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain:

1. Memperbaiki kinerja workability.
2. Mengurangi penyusutan.
3. Mempertinggi usia beton.
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
6. Mempertinggi kekuatan beton.
7. Mengurangi porositas dan daya serap airdalam beton, mengurangi biaya pekerjaan beton.

II.5.5 Air

Air merupakan salah satu bahan penyusun beton yang diperlukan untuk beraksi dengan semen. Air berfungsi sebagai pelumas antara butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Peran air pada pekerjaan beton sangat penting karena diperlukan dalam proses hidrasi semen, dan dalam perawatan beton. Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 menyebutkan bahwa air yang dipakai dalam campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan yang mengandung kadar organik, garam, asam atau bahan lain yang dapat menurunkan kualitas dari beton tersebut.

Hal ini yang perlu diperhatikan dalam pemilihan air dalam campuran atau adukan beton adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/ltr, karena dapat mengurangi daya lekat atau mengambang pada saat pengecoran dan menyusut.
2. Air yang digunakan tidak mengandung garam lebih dari 15 gr, karena dapat mengakibatkan korosi pada beton semakin besar.
3. Air yang digunakan tidak mengandung asam sulfat lebih dari 1 gr/ltr, karena dapat mengurangi mutu beton.
4. Air tidak mengandung minyak lebih 2%, dari berat semen, karena akan mengurangi kuat beton sebesar 20%.
5. Air tidak mengandung gula lebih dari 2% dari berat semen, karena dapat menurunkan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

II.6 Beton Silinder

Silinder beton ini terbuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diujikan di laboratorium. Jumlah pembuatan silinder beton harus mempresentasikan dari adukan beton bahan bangunan. Bahan yang dibutuhkan adalah campuran beton yang sudah di takar komposisi agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Sedangkan alat yang dibutuhkan antara lain :

1. Cetakan silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 200 mm, terbuat dari besi atau baja
2. Alat penumbuk
3. Cetok
4. Tongkat perata

Tabel II. 8 Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC.

Beton Limbah (Pengganti Agregat Kasar)	$\frac{1}{2} = 0.23726 \text{ kg}$
	$\frac{3}{8} = 0.5536 \text{ kg}$
Agregat Halus	0.4258625 kg
Semen	1.9625 kg
Air	0.3925 kg
Zat Aditif	0.01 % dari berat air

Sumber: data Zefanya.

II.7 Limbah Beton

Menurut (Soelarso, dkk, 2016). Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Hal ini menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Pemanfaatan kembali limbah beton akan meningkatkan umur penggunaan material dari limbah itu sendiri. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton.

Penggunaan limbah beton menjadi pengganti agregat kasar sudah menjadi penelitian, menurut (Sutrang S Nurdin, dkk 2020) berikut hasil dari limbah beton tersebut :

1. Workability beton mutu tinggi cukup sulit dalam pengerjaannya baik dalam proses pencampuran maupun proses pencetakan.
2. Kuat lentur beton rata-rata dengan variasi limbah beton 0% (BN 0%) sebesar 2,79 MPa; variasi 50% (BL 50%) sebesar 2,67 MPa; variasi 50% dengan perkuatan wiremesh (BLW 50%) sebesar 7,91 MPa ; variasi 100% limbah beton (BL 100%) sebesar 2,70 MPa dan variasi 100% dengan perkuatan wiremesh (BLW 100%) sebesar 7,13 MPa.

II.8 X-Ray Fluorescence spectrophotometer

X-Ray fluorescence (XRF) adalah metode analisis yang cepat, tidak merusak, dan ramah lingkungan dengan ketelitian dan kemampuan reproduksibel yang sangat tinggi. Semua unsur dalam sistem periodik dari berilium hingga uranium dapat diukur secara kualitatif, semikuantitatif, dan kuantitatif dalam bubuk, padatan dan cairan.

Konsentrasi hingga 100% dianalisa secara langsung dan tanpa pengenceran, dengan reproduksibilitas lebih baik $\pm 0.1\%$. jenis batasan deteksi dari 0.1 hingga 10 ppm. Spectrometer X-Ray yang paling modern dengan konsep pengubah sampel modular memberikan kecepatan, penanganan sampel yang fleksibel dan beradaptasi dengan proses otomatisasi tanpa ada masalah.

Hampir semua bahan padat atau cair dapat dianalisis, jika standar yang memadai tersedia. Untuk batuan dan mineral, instrumen komersial khas memerlukan sampel merupakan setidaknya beberapa gram bahan, meskipun sampel yang terkumpul mungkin jauh lebih besar. Untuk analisis kimia batuan XRF, sampel dikumpulkan yang beberapa kali lebih besar daripada ukuran butir terbesar atau partikel di batu.

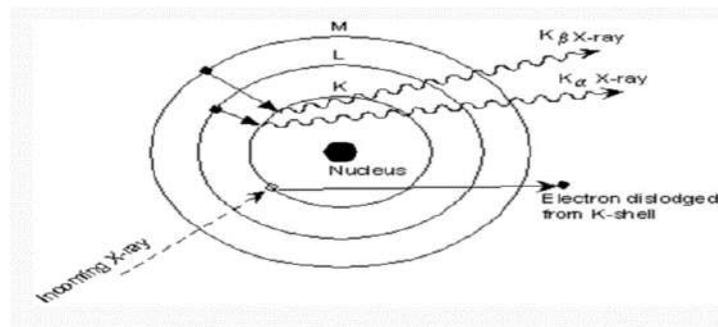
Sampel awal ke mudian mengalami serangkaian langkah-langkah peremukan untuk mengurangi besarnya batuan ke ukuran butir rata-rata beberapa milimeter sampai satu sentimeter, ketika dapat dikurangi dengan memisahkan untuk sampel yang representatif kecil dari beberapa puluhan hingga ratusan gram. Ini split sampel kecil kemudian ditumbuk menjadi bubuk halus dengan salah satu dari berbagai teknik untuk menciptakan sampel XRF.

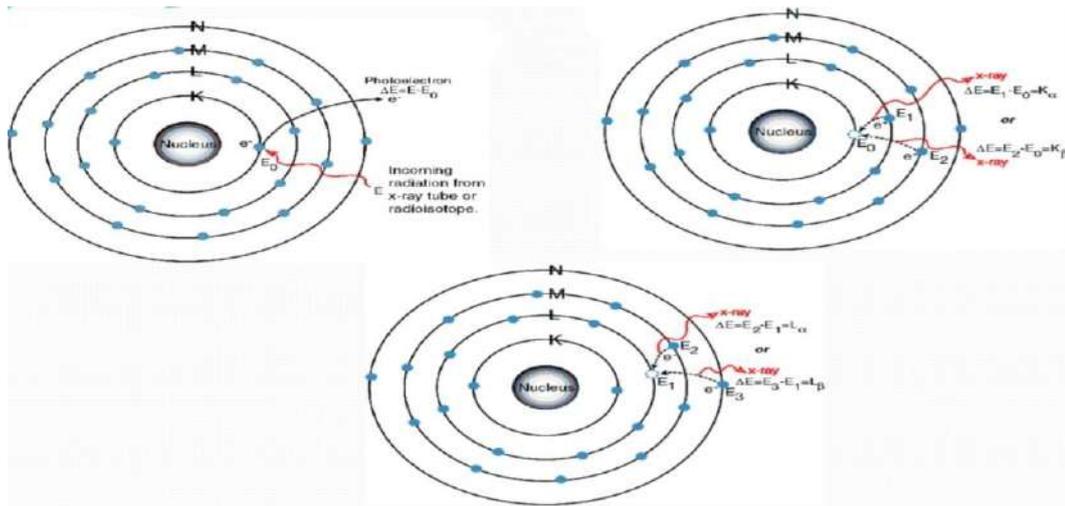
Analisis unsur-unsur utama dan jejak bahan geologi oleh XRF ini dimungkinkan oleh perilaku atom ketika mereka berinteraksi dengan X-radiasi. Suatu spektrometer XRF bekerja karena jika sampel diterangi oleh sinar X-ray intens, yang dikenal sebagai insiden balok, sebagian energi tersebar, namun beberapa juga diserap dalam sampel dengan cara yang tergantung pada kimia tersebut. Insiden X-ray beam biasanya dihasilkan dari target Rh, meskipun W, Mo, Cr dan lain-lain juga dapat digunakan, tergantung pada aplikasi.

X-Ray fluorosense dihasilkan oleh penyinaran materi dengan sinar X primer. Elektron dari kulit energi terdalam biasanya JK, L, dan M dari atom-atom dikosongkan dan di isi dengan elektron dari kulit energi terluar (energi lebih rendah), yaitu kulit atom dengan pancaran spektrum sinar X fluorosens tergantung pada energi ikatan inti atom dan elektron. Jadi intensitas sinar X fluorosens tergantung nomor atom.

Pengertian sinar X atau yang juga sering disebut sinar rotgen adalah salah satu bentuk dari radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang berkisar antara 10 nanometer ke 100 picometer (mirip dengan frekuensi dalam jangka 30 PHz to 60 EHz). Sinar-X umumnya digunakan dalam diagnosis gambar medikal dan Kristalografi sinar-X. Sinar-X adalah bentuk dari radiasi ion dan dapat berbahaya.

Sinar X di dihasilkan apabila elektron bergerak pada kelajuan yang tinggi dan secara tiba-tiba berlaku perubahan dari segi kelajuan. Semua ini berlaku di dalam sebuah tabung x-ray. Di dalam sebuah tabung x-ray terdapat katod (-) yang merupakan sebuah filamen yang dipanaskan oleh tenaga elektrik. Pemanasan yang berlaku menyebabkan elektron dihasilkan dari filemen. Ini semua berlaku untuk persediaan elektron bagi di pecutkan untuk mendapatkan sinaran-X. Sinar-x yang dihasilkan dengan tenaga 20-40 keV mempunyai panjang gelombang 10^{-7} cm dan sinar ini dikatakan sinar-x lembut (soft-rays). Sinar-x yang dihasilkan dengan 40-125 keV mempunyai gelombang 10^{-8} cm. Sinar ini kerap digunakan untuk pemeriksaan x-ray diagnostik, manakala panjang gelombang yang lebih pendek lagi yang dihasilkan dengan tenaga 200-1000 keV digunakan dalam rawatan radioterapi yang lebih dalam (deep radiotherapy). Sinar ini biasanya berukuran $< 10^{-8}$ cm (hard-rays).





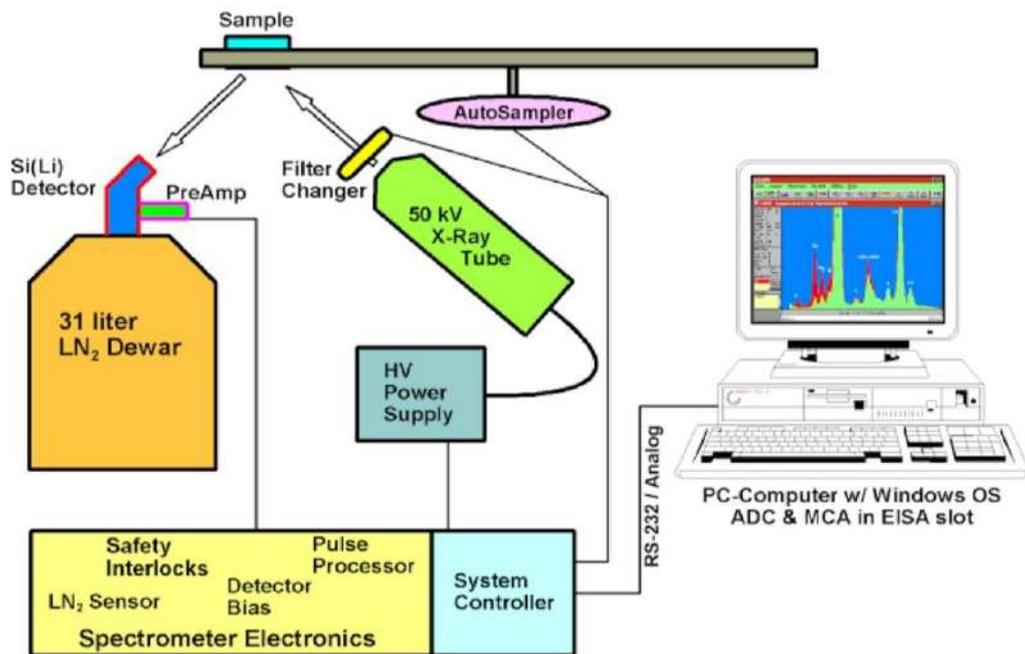
Gambar II. 1 Prinsip Analisis X-Ray

Prinsip Dari Alat XRF ialah interaksi antara berkas elektron dan sinar x dengan sampel dengan panjang gelombang. Prinsip kerjanya yaitu menembakkan radiasi foton elektromagnetik ke material yang diteliti, kemudian radiasi elektromagnetik yang dipancarkan akan berinteraksi dengan elektron yang berada di kulit K suatu unsur. Electron yang berada di kulit K akan memiliki energi kinetik yang cukup untuk melepaskan diri dari ikatan inti, sehingga elektron itu akan terpental keluar.

Sinar X yang khas dihasilkan bila sebuah elektron turun dari level energi tertinggi ke level energi terendah. Hal ini terjadi bila sebuah atom dieksitasi oleh sebuah elektron dalam sebuah tabung X-ray. Sebagai contoh, pengusiran elektron dari kulit elektron K menghasilkan kekosongan dalam kulit itu. Kekosongan ini disebut kekosongan primer dan dapat diisi dengan sebuah elektron dari kulit L. Perbedaan energi antara kulit K dan L dipancarkan sebagai photon X-ray yang khas. Prinsip analisis X-Ray ditunjukkan pada gambar diatas.

Metode X-ray fluoresens biasa digunakan baik untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Peralatan yang tersedia secara komersil, secara umum berdasarkan dua tipe geometri. Tipe pertama menggunakan bidang kristal datar untuk membiaskan dan memantulkan sinar X fluoresens. Sampel disinari dengan sinar X primer dari sebuah tabung X-ray dan sinar X fluoresens terkeksitasi yang

dipantulkan pada permukaan kristal datar untuk mendispersi atau mendifraksi menjadi komponen-komponen panjang gelombang yang dipantulkan kembali oleh kollimator yang baik dan dideteksi dan diukur dengan komponen elektronik yang sesuai.



Gambar II. 2 Skema Cara Kerja Alat

Kollimator, kristal dan detektor ditempatkan sehingga dapat berpindah pada sekeliling lingkaran untuk memilah-milah spektrum X-ray ketika mencapai persamaan Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Dimana λ = panjang gelombang sinar yang didifraksi pada sudut θ oleh diameter d kisi kristal, dan n adalah ordo difraksi.

Tipe kedua menggunakan bidang kristal cekung sebagai acuan diameter lingkaran yang terpusat dan dasarnya sebagai jari-jarinya. Sinar X fluoresens melalui sebuah celah yang ditempatkan pada lingkaran terpusat dan pada permukaan kristal cekung. Difraksi ini sesuai dengan persamaan Bragg dan panjang gelombang komponen dipusatkan melalui celah keluar pada lingkaran terpusat tersebut dan kemudian ke sistem pendeteksi.

Keterbatasan X-Ray Fluorescence spectrometer disebabkan oleh panjang gelombang dan absorpsi massa. Panjang gelombang sinar-X fluoresens unsur yang dibawah titanium dalam sistem periodik terlalu panjang untuk penetrasi tekanan udara. Tekanan hydrogen atau helium atau udara vakum dibutuhkan untuk sinar “unsur-unsur ringan” ini. Pengaruh interelement (antar unsur) disebabkan oleh absorpsi massa, misalnya absorpsi sinar-X primer maupun fluoresens oleh sampel. Matriks yang tetap, pelarutan sampel, koreksi matematis, mungkin dibutuhkan untuk mencegah, meminimalkan atau mengatasi pengaruh tersebut.

II.8.1 Aplikasi XRF

X-Ray fluoresensi digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk penelitian dalam petrologi batuan beku, sedimen, dan metamorf, survey tanah, pertambangan (misalnya, mengukur kadar bijih), semen produksi, keramik dan gelas manufaktur, metalurgi (misalnya, kontrol kualitas), lingkungan penelitian (misalnya, analisis masalah khusus pada filter udara), industri minyak bumi (misalnya, kadar belerang minyak mentah dan produk minyak bumi), dan analisis lapangan dalam studi geologi dan lingkungan (menggunakan portabel, spektrometer XRF genggam).

X-Ray fluoresensi sangat cocok untuk penyelidikan yang melibatkan curah analisis kimia unsur utama (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) dalam batuan dan sedimen, serta analisis kimia sebagian besar elemen (dalam kelimpahan > 1 ppm, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr, Zn) di batuan dan sedimen -batas deteksi untuk elemen biasanya pada urutan beberapa bagian per juta. X-ray fluorescence terbatas pada analisis sampel relatif besar, biasanya > 1 gram, bahan yang dapat disiapkan dalam bentuk bubuk dan efektif homogen.

II.8.2 Kekuatan

X-Ray fluoresensi sangat cocok untuk penyelidikan yang melibatkan analisis kimia unsur utama (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) dalam batuan dan sedimen, dan analisis kimia elemen sebagian besar (> 1 ppm; Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr, Zn) dalam batuan dan endapan.

II.8.3 Keterbatasan

Dalam teori XRF memiliki kemampuan untuk mendeteksi emisi sinar-X dari

hampir semua elemen, tergantung pada panjang gelombang dan intensitas kejadian sinar X. Namun dalam prakteknya, instrumen yang paling tersedia secara komersial sangat terbatas dalam kemampuan mereka untuk secara tepat dan akurat mengukur kelimpahan unsur dengan $Z < 11$ di sebagian besar bahan-bahan bumi alam. Analisis XRF tidak dapat membedakan variasi antara isotop suatu unsur, sehingga analisis ini secara rutin dilakukan dengan instrumen lainnya, serta analisis XRF tidak dapat membedakan ion dari unsur yang bervalensi yang berbeda, sehingga analisis ini batuan dan mineral dilakukan dengan teknik seperti analisis kimia basah atau spektroskopi Mössbauer.

II.9 Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).

Rumus yang digunakan pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut (Antono, 1995).

$$\text{Kuat Tekan : } f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan (Mpa) .

P = Beban tekan (N).

A = Luas penampang benda uji (mm²).

II.10 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian Irwan Paserangi, dkk, (2020). Pada limbah beton hasil dari sisa konstruksi dapat dibentuk kembali sehingga bernilai. Penggunaan limbah dari beton itu sendiri sebagai pengganti kerikil diharapkan mampu mengatasi masalah dalam pencemaran lingkungan. Penambahan superplasticizer campuran beton segarmampu meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan dengan jumlah air yang sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai kuat lentur beton mutu tinggi yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar, serta peningkatan kuat lentur balok beton mutu tinggi dengan perkuatan wiremesh terhadap balok tanpa perkuatan. Variasi limbah beton yang digunakan yakni 0%, 50% dan 100%, serta penambahan wiremesh pada variasi limbah beton 50% dan 100%. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi adalah 43,52 Mpa pada variasi limbah beton 25% (BS 25%) sedangkan nilai kuat lentur beton normal rata-rata yang tertinggi adalah 4,13 MPa pada variasi limbah beton 50% (BL 50%) sedangkan persentase rata-rata peningkatan kuat lentur balok dengan perkuatan wiremesh terhadap balok tanpa perkuatan perkuatan pada variasi limbah beton 100% (BL 100%) yang tertinggi dengan peningkatan rata-rata sebesar 52,58%.

Pengujian slump ini dilakukan dengan menggunakan Kerucut Abrams, dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter dibawah 20 cm, dan diameter diatas 10 cm dan dilengkapi dengan tongkat pengerojok berdiameter 16 mm dan panjangnya 60 cm.

Hasil uji slump yang terlihat pada tabel II.9 dengan slump rata-rata 8 cm sesuai dengan slump yang direncanakan. Kebutuhan semen didapat dari pembagian kebutuhan air dengan faktor air semen (FAS).

Tabel II. 9 Nilai Slump Test Penelitian Terdahulu

No	Variasi Campuran (%)	Test Slump (Cm)	Tes Slump Rata-rata (Cm)
1	0	8	

2	50	8	8
3	100	8	

Sumber : Jurnal, Irwan Paserangi dkk, (2020)

Dari tabel II.10 Dapat dilihat bahwa kuat tekan benda uji silinder 0% limbah beton (menggunakan agregat kasar alami) sebesar 43,40 MPa, sedangkan kuat tekan benda uji yang menggunakan persentase limbah beton sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai agregat kasar secara berturut-turut sebesar 43,52 MPa, 43,31 MPa, 43,23 MPa, dan 43,10 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa silinder beton sebagai benda uji kontrol mutu memenuhi persyaratan kuat tekan yang diisyaratkan yaitu sebesar 40 Mpa.

Tabel II. 10 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Peneliti Terdahulu.

Variasi dan no. sampel	Tinggi Silinder (cm)	Diameter (cm)	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Berat Isi (kg/m ³)	P maks (kN)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Rata- Rata
0	1	20	10	7850	3675	2341	340,00	43,40
	2	20	10	7850	3720	2369	352,00	
	3	20	10	7850	3665	2334	330,00	
25	1	20	10	7850	3715	2366	350,00	43,52
	2	20	10	7850	3920	2497	340,00	
	3	20	10	7850	3740	2382	335,00	
50	1	20	10	7850	3725	2373	335,00	43,31
	2	20	10	7850	3565	2271	340,00	
	3	20	10	7850	3580	2280	345,00	
75	1	20	10	7850	3505	2232	335,00	43,23
	2	20	10	7850	3670	2338	341,00	
	3	20	10	7850	3730	2376	342,00	
100	1	20	10	7850	3645	2322	325,00	43,10
	2	20	10	7850	3690	2350	345,00	
	3	20	10	7850	3720	2369	345,00	

Sumber : Jurnal, Irwan Paserangi dkk, (2020).

Dari diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan benda uji silinder 0% limbah beton (menggunakan agregat kasar alami) sebesar 43,40 MPa, sedangkan kuat tekan benda uji yang menggunakan persentase limbah beton sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% sebagai agregat kasar secara berturut-turut sebesar 43,52 MPa, 43,31 MPa, 43,23 MPa, dan 43,10 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa silinder beton sebagai benda uji kontrol mutu memenuhi persyaratan kuat tekan yang diisyaratkan yaitu sebesar 40 Mpa.

Pada penelitian yang telah dilakukan Rahmat Taufik, 2015 penambahan beton daur ulang 25%, 50%, 75%, 100% mencapai kuat tekan karakteristik sebesar 190.75 Kg/cm² , 175.40 Kg/cm², 172.94 Kg/cm² , 169.24 Kg/cm² . Pada aplikasi di lapangan, untuk beton mutu sedang dapat digunakan beton daur ulang, dengan catatan menurunkan kadar kuat tekan rencana sebesar 30.2% untuk 25% kadar campuran beton daur ulang.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rizki, 2015) tentang laju penetrasi klorida dengan metode Rapid Migration Test menggunakan semen tipe PPC dengan proporsi campuran K450 berdiameter 8,5 cm dengan ketebalan 5cm dan 8cm. Pada penelitian ini digunakan metode Rapid Migration Test untuk mengetahui laju penetrasi klorida serta penentuan komposisi klorida yang terkandung dalam beton menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence). Hasil yang diperoleh yaitu rata-rata sampel menunjukkan laju penetrasi yang cenderung menurun seiring meningkatnya waktu, serta terdapat kandungan klorida sebanyak 1,76% dalam beton setelah dialiri klorida selama 24 jam.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aulia dkk (2015), bertujuan agar dapat memanfaatkan kembali agregat kasar dan agregat halus daur ulang yang berasal dari limbah beton untuk digunakan sebagai bahan konstruksi dengan menggunakannya bersamaan dengan agregat kasar dan halus alam pada campuran beton, mengetahui karakteristik agregat daur ulang, serta meneliti pengaruh agregat daur ulang terhadap kekuatan beton sehingga didapatkan kadar optimum yang diperlukan campuran beton agar dapat menghasilkan kuat tekan, kuat lentur, dan susut optimum. Komposisi limbah beton daur ulang ialah terdiri dari 40% agregat kasar daur ulang serta 0%, 20%, 40%, dan 60% agregat halus daur ulang dari limbah

beton mutu K350 sampai K400. Bahan tambah yang dipakai adalah admixture dengan tipe Conplast SP 337. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Karakteristik agregat halus daur ulang mendekati agregat halus alam dan masuk dalam standar ASTM C-33. Nilai absorpsi air cukup tinggi yaitu sebesar 20,48%. Hasil pengujian kuat tekan beton normal sebesar 30,11 MPa pada umur 28 hari. Komposisi agregat halus daur ulang 20% mengalami kenaikan 5,18% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 31,67 MPa. Pengujian kuat tekan beton menggunakan 40% agregat halus daur ulang memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,95 MPa, hampir sama dengan kuat tekan beton normal umur 28 hari dengan penurunan 0,53%. Pada pengujian kuat lentur agregat halus daur ulang 20%, 40%, dan 60% mempunyai kuat lentur yang lebih kecil dibandingkan dengan beton normal. Penurunan kecil ditunjukkan oleh beton dengan komposisi 20% agregat halus daur ulang yaitu sebesar 3,14%. Nilai kuat lentur beton normal sebesar 33,12 MPa. Beton agregat halus daur ulang memiliki nilai susut yang lebih besar dibandingkan beton normal karena agregat ulang mempunyai nilai penyerapan air yang lebih besar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mulyati dan Arman (2014), bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian atau lebih agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Komposisi limbah beton daur ulang sebagai agregat kasar dan agregat halus sebesar 50%, 60%, 70%, serta 80% dengan pembanding campuran adukan beton menggunakan agregat kasar (split) dan agregat halus (pasir) yang berasal dari Gunung Nago. Benda uji berbentuk kubus, masing-masing komposisi berjumlah 3 buah benda uji. Untuk perawatan benda uji dengan cara direndam dalam air. Umur pengujian dilakukan pada 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Pada pengujian karakteristik limbah beton, hasil pemeriksaan analisa saringan diperoleh agregat kasar memenuhi spesifikasi gradasi sesuai AASHTO T 27 serta masuk pada zona butiran 40 mm dengan modulus kehalusan 7,01, sedangkan agregat halus masuk pada zona II (pasir kasar) dengan modulus kehalusan 4,22. Nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari untuk penggunaan agregat alami ialah sebesar 26,71 MPa, sedangkan dari penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar nilai kuat tekan beton tertinggi hanya 24,82 MPa

untuk proporsi 60% serta limbah beton sebagai agregat halus nilai kuat tekan tertinggi adalah 25,82 MPa untuk proporsi 80%.

BAB III

METODE DAN PELAKSANAAN

III.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 28 hari dimulai dari bulan juni 2022. Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar, yang dimulai dari tahap persiapan sampai pada tahap pengujian benda uji.

III.2 Alat Dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Timbangan dengan kepekaan 0,1gr dan 0,5gr
2. Mesin penggetar saringan
3. Satu set saringan (#3/4, #1/2, #3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, pan)
4. Cetakan silinder ukuran 10cm x 12cm x 60cm
5. Alat uji slumt test
6. Mesin pencampur bahan beton mixer atau molen
7. Mesin pengujian kuat tekan
8. Ayakan ASTM satu set
9. NOven atau pengering
10. Alat bantu lainnya:
 - a. Sendok semen, digunakan untuk pengadukan.
 - b. Cawan atau talam digunakan sebagai tempat penyimpanan bahan pengujian karakteristik agregat.
 - c. Kuas cat dipakai untuk membersihkan sisa bahan yang terdapat dialat-alat yang sudah dipakai.
 - d. Gelas ukur dengan kapasitas 2000 ml dan kapasitas 50 ml untuk menakar air.
 - e. Palu untuk mempermudah penghancuran limbah beton.
 - f. *Stop watch* alat ukur waktu.
 - g. Ember sebagai tempat air dan wadah adukan.

- h. Bak perendam digunakan untuk merendam beton silinder.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Semen.
2. Pasir (agregat halus).
3. Kerikil limbah beton (agregat kasar).
4. Kerikil biasa
5. Air.
6. *Superplastizer*.

III.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan secara ilmiah dan sistematis sehingga hasil yang akan didapatkan lebih memuaskan dan dapat dipertanggung jawabkan. Secara umum ada beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu persiapan komposisi campuran, penyajian material, pemeriksaan material pembuatan benda uji, perawatan serta pengujian benda uji. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan sesuai dengan standar uji laboratorium.

III.3.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap I (tahap persiapan)

Pada tahap ini persiapan alat dan bahan yang akan dipakai dalam penelitian, Persiapan ini dilakukan agar penelitian berjalan dengan lancar, pada tahap ini pembuatan cetakan benda uji silinder sudah dikerjakan termasuk pemecahan limbah beton untuk dijadikan agregat kasar.

2. Tahap II (Uji Karakteristik)

Pada tahap ini dilakukan pengujian karakteristik bahan penyusun beton yaitu agregat halus dan agregat kasar.

- a. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus mengacu pada SNI yang disediakan pada tabel berikut ini:

Tabel III. 1 Pengujian Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Spesifikasi
1	Kadar lumpur	0,2% - 5%
2	Kadar air	3% - 5%
3	Berat volume	
	a. Kondisi lepas b. Kondisi padat	1,4 – 1,9 kg/ltr 1,4 – 1,9 kg/ltr
4	Berat jenis	
	a. Berat jenis nyata	1,60 – 3,30
	b. Berat jenis dasar kering	1,60 – 3,31
	c. Berat jenis dasar permukaan	1,60 – 3,32
	d. absorbs	0,2 – 2%
5	Modulus kehausan	2,3 – 3,1
6	Kadar organik	< no. 3

Sumber: SNI (*Standar Nasional Indonesia*).

b. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan pada kerikil limbah beton apakah sudah lolos memenuhi syarat atau tidak sebagai pengganti agregat kasar.

3. Tahap III (Proses perencanaan *Mix Design*)

Mix design merupakan perencanaan pembuatan campuran beton atau perencanaan komposisi beton mutu tinggi dengan penambahan limbah beton sebagai agregat kasar, serta penambahan superplastizer jenis sika semen.

4. Tahap IV (Pembuatan Benda Uji)

Pada tahap ini proses pembuatan dan pencampuran beton segar dilakukan sebagai berikut:

- 1) Proses pencampuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air.
- 2) Proses pemberian *Superplastizesier*.
- 3) Proses pengujian *Slump Test*.
- 4) Proses pemasukan beton segar ke cetakan.
- 5) Proses pelepasan benda uji dalam cetakan setelah umur 1 hari (24 jam).

5. Tahap V (Curing atau Perawatan Beton)

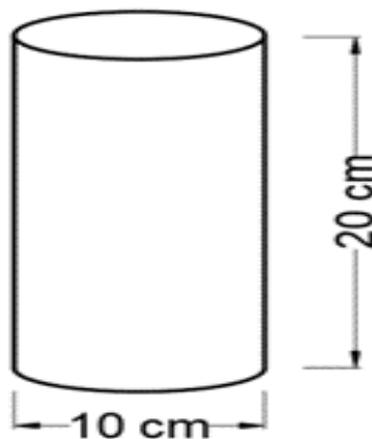
Dalam pelaksanaanya curing bertujuan agar bisa mengetahui perkembangan sifat mekanik beton dalam hal ini kuat tekan setelah direndam dengan air dan dengan umur perendaman yang telah ditentukan yaitu 28 hari.

III.3.2 Benda Uji

Perencanaan pembuatan benda uji pada penelitian ini mengacu pada perencanaan *mix design* sesuai dengan SNI 03-4433-1997, tentang perencanaan campuran beton. Pada perencanaan ini pembuatan benda uji untuk dimensi silinder 10cm x 20cm.

Tabel III. 2 Variabel Curing air tawar (10 cm x 20 cm).

No	Curing (hari)	Kode	Jumlah
1	28	SN ₂₈	3
2	28	SL(50%) ₂₈	3
3	28	SL(100%) ₂₈	3
Jumlah			9



Gambar III. 1 Sampel Silinder.

III.3.3 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan silinder menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang berbentuk silinder. Dilakukan pembebanan sampai silinder beton hancur atau retak dan dicatat nilai beban maksimum (P) yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton ($f'c$).

Langkah-langkah untuk pengujian kuat tekan beton sebagai berikut:

1. Benda uji disiapkan yang dikeluarkan dari bak perendaman.
2. Diamkan benda uji sampai kering.
3. Timbang benda uji.
4. Lapisi permukaan atas benda uji dengan tujuan agar permukaan benda uji simetris.
5. Benda uji siap kuat tekan.
6. Pembebanan dilakukan sampai benda uji mengalami retakan kemudian catat beban maksimum dan perhatikan pola retak.



Gambar III. 2 Alat Uji Kuat Tekan

III.3.4 Uji XRF

Tahap karakterisasi kandungan unsur kimia dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF):

- a. Menyiapkan spesimen,- spesimen yang akan digunakan.
- b. Kemudian spesimen dihaluskan dengan menggunakan ampelas grade 200 sampai 1500 hingga pada permukaan beton tidak terdapat korosi.
- c. Membersihkan spesimen.
- d. Mengkarakterisasi spesimen dengan alat uji Niton XL2 GOLDD yang berbasis X-Ray Fluorescence (XRF) berfungsi untuk mengetahui variasi unsur kimia serta persentase unsur yang terkandung pada beton sampel.
- e. Mengarahkan alat uji XRF menuju pada permukaan beton uji. Alat uji XRF diarahkan pada permukaan beton kemudian ditembakkan sinar-X.
- f. Kemudian data muncul pada layar monitor program dengan menampilkan komposisi secara detail.

III.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data nantinya akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, diantaranya proses pembuatan benda uji berupa data dari hasil pengujian agregat (uji karakteristik material), dan hasil dari uji kuat tekan pada silinder beton dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

III.5 Olah Data

Olah data yang diambil adalah hasil dari data yang dikeluarkan mesin uji kuat tekan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kuat Tekan : } f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots$$

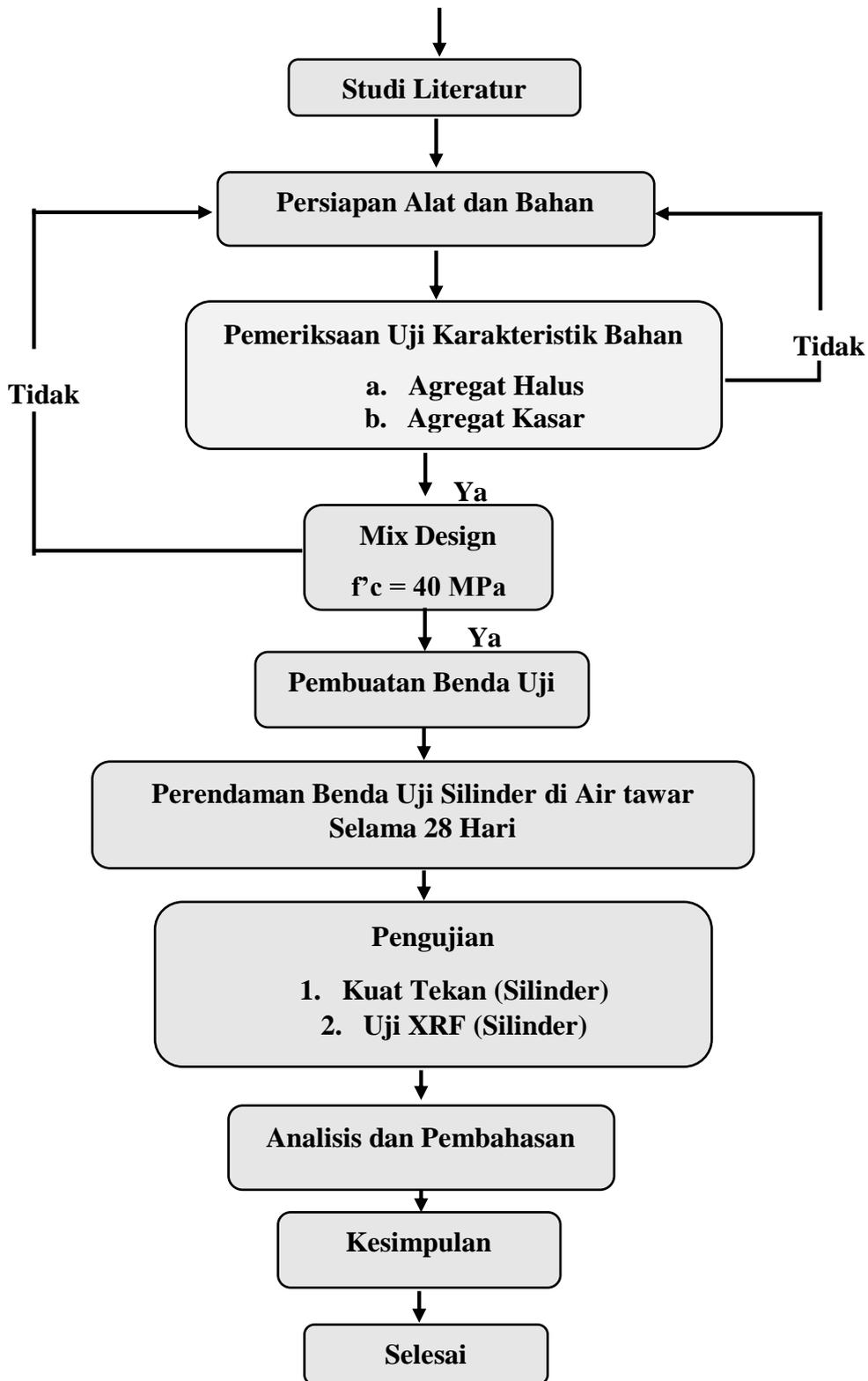
Sedangkan olah data pengujian XRF terhadap unsur-unsur pembentuk beton diambil dari hasil data Laboratorium Kimia Analitik yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

III.6 Analisis Data

Analisa data untuk menentukan karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan menggunakan spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI), khususnya untuk menentukan karakteristik pada agregat. Perencanaan Mix Design menggunakan Trial Mix dibuat dalam bentuk tabel dan gambar yang kemudian dianalisa menggunakan *Microsoft excel* Tujuan dari analisa karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan untuk mengetahui jika bahan-bahan tersebut telah lolos spesifikasi yang telah diisyaratkan. Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kuat tekan beton yang menggunakan limbah beton sebagai agregat kasar yang direndam di air tawar.

III.7 Bagan Alur

Mulai



Gambar III. 3 Bagan Alur

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik bahan penyusun beton sangatlah penting dilakukan guna mengetahui jenis agregat yang digunakan sebelum melakukan pencampuran beton agar dapat memenuhi persyaratan yang diatur dalam spesifikasi Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini Adapun material yang melewati proses pengujian karakteristik yaitu pengujian agregat halus, agregat kasar (kerikil) dan limbah beton.

IV.2. Hasil Yang Didapatkan Dalam Pengujian Agregat (Agregat Halus dan Agregat Kasar Alami).

Material yang dipakai dalam penelitian ini yaitu agregat halus dan kasar yang berasal dari Kabupaten Pinrang. Pengujian agregat dilakukan pada Laboratorium bahan dan beton Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Setiap pengujian mengacu pada syarat Standar Nasional Indonesia.

Dari pengujian yang telah dapat dilihat pada tabel IV.1 menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat halus, dari hasil pengujian diketahui bahwa memenuhi persyaratan SNI karena hasil pengujian agregat halus masuk dalam interval agregat halus yang di isyaratkan SNI. Namun absorsi pada agregat halus tidak masuk interval yang diisyaratkan oleh SNI dimana yang didapatkan pada saat pengujian nilai absorsi sebesar 2,04 % sedangkan yang diatur dalam SNI adalah 0,2 – 2 %. Maka dari itu, material tersebut diberikan treatment dengan cara di jemur lebih lama. Sedagkan untuk pengujian karkaterisrik agregat kasar semua memenuhi persyaratan yang diatur dalam SNI, hasil pengujian agregat kasar.

terlihat pada tabel 4.1 Adapun perhitungan hasil laboratorium disajikan pada tabel berikut :

Tabel IV. 1 Rekap dari hasil pengujian agregat halus. (Pasir).

No	Jenis Pengujian Agregat	Hasil Dari Pengujian	Spesifikasi SNI	Keterangan
1	Kadar Lumpur (%)	2,630	0,20 – 5,00	Memenuhi (Lampiran No.1)
2	Modulus Kehalusan (%)	2,980	2,30 – 3,10	Memenuhi (Lampiran No.2)
3	Kadar Air (%)	4,530	3,00 – 5,00	Memenuhi (Lampiran No.3)
4	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,395	1,40 - 1,90	Memenuhi (Lampiran No.4)
	b. Kondisi Padat (kg/ltr)	1,473	1,40 - 1,90	Memenuhi (Lampiran No.4)
5	Berat Jenis			
	a. Nyata (gr)	2,890	1,60 – 3, 30	Memenuhi (Lampiran No.5)
	b. Dasar Kering (gr)	2,680	1,60 – 3, 31	Memenuhi (Lampiran No.5)
	c. Kering Permukaan (gr)	2,750	1,60 – 3, 32	Memenuhi (Lampiran No.5)
6	Absorpsi (%)	2.880	0,20 – 2,00	Tidak Memenuhi Syarat (Lampiran No.5)
7	Kadar Organik	<No 1	<No 3	Memenuhi (Lampiran No.6)

Sumber : Hasil Pengolahan Data.

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik terlihat bisa terlihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 bahwa pada pengujian agregat halus dan kasar memenuhi syarat SNI, karena bisa terlihat dari pengujian agregat masuk dalam spesifikasi agregat yang disyaratkan SNI, akan tetapi nilai absorpsi agregat halus tidak memenuhi syarat SNI.

IV. 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Limbah Beton).

Material limbah beton yang digunakan berasal dari limbah beton Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar dan Laboratorium Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

Pengujian karakteristik limbah beton dilaksanakan pada Laboratorium bahan dan beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar selalu berpedoman pada SNI (Agregat Kasar). Dimana pada limbah beton disini berfungsi menjadi bahan menggantikan dari agregat kasar alami. Dapat dilihat pada tabel IV.2 Hasil Pengujian Limbah Beton.

Tabel IV. 2 Rekap pengujian dari agregat kasar (Limbah Beton).

No	Jenis Dari Pengujian	Hasil Dari Pengujian	Spesifikasi SNI	Keterangan
1	Berat Volume			
	Kondisi Lepas (kg/ltr)	1,610	1,60 – 1,90	Memenuhi
	Kondisi Padat (kg/ltr)	1,690	1,60 – 1,90	Memenuhi
2	Modulus Kehalusan (%)	6,210	6,00 – 7,10	Memenuhi
3	Kadar Air (%)	1,350	0,50 – 2,00	Memenuhi
4	Kadar Lumpur (%)	1,00	Maks 1	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Nyata (gr)	2,910	1,60 – 3, 33	Memenuhi
	b. Dasar Kering (gr)	2,430	1,60 – 3, 34	Memenuhi
	c. Kering Permukaan (gr)	2,480	1,60 – 3, 35	Memenuhi
6	Absorpsi (%)	2,010	Maks 4 %	Memenuhi
7	Keausan (%)	41,20	Maks 50	Memenuhi

Sumber : Zefamya (2018).

Berdasarkan data yang didapatkan terlihat pada tabel IV.3 bisa ditarik kesimpulan bahwa limbah beton yang menjadi pengganti agregat kasar memenuhi persyaratan SNI karena semua hasil pengujian limbah beton masuk dalam spesifikasi agregat yang disyaratkan SNI.

IV.4 Rancangan Campuran (Mix Design).

Pada *mix design* mutu beton rencana adalah F'c 40 Mpa. Dari penelitian ini menggunakan bahan tambah yaitu produk dari Sika jenis *Superplasticizer*. Hasil dari pemeriksaan material dan *mix design* diperoleh campuran agregat yang tepat bisa dilihat pada tabel IV.3

Tabel IV. 3 Campuran Bahan Beton 1 m³

Komposisi Bahan Penyusun Beton						
Berat /m ³ Beton	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Superplasticizer	Total Berat
(kg)	400	1250	271.25	503.75	1.25	2,427
Persentase	16,4 %	51,1%	11,0%	20,1%	5,2%	100%

Sumber : Jurnal, Sutran Siding, dkk, (2020).

Tabel IV. 4 Komposisi Bahan Campuran Beton Untuk 1 benda uji sebesar 0.0072 m³ Ukuran Benda Uji (0,020 m x 0,010 m).

Komposisi Bahan Penyusun Beton					
Berat /m ³ Beton	Air	Semen	Pasir	Kerikil	Superplasticizer
(kg)	0.3925	1.9625	0.425	0.7912	0.009

Sumber: Dari Hasil Pengolahan Data

IV.5 Slump Test

Pengujian slump test dilakukan buat mengetahui kekentalan (*workability*) adukan beton. Kekentalan adukan beton adalah nilai dari tingkat kemudahan campuran sebagai pekerjaan konstruksi tanpa mengakibatkan pemisahan bahan penyusun beton (*segregasi*). Peningkatan kekentalan beton dipengaruhi oleh jumlah air, jumlah semen, bentuk butir agregat dan besar butir agregat. Pengujian slump test dilakukan sebanyak 1 kali pada masing-masing variasi.

Tabel IV. 5 Nilai Slump Untuk Tiap Variasi Limbah Beton

No	Varisasi Campuran (%)	Test Slump(Cm)	Tes SlumpRata-rata (Cm)
1	0	8	8
2	50	8	
3	100	8	

Sumber : Jurnal, Sutran Siding: dkk, (2020).

Workability merupakan sifat beton yang dikehendaki dalam tiap perencanaan komposisi adukan beton. Arti *workability* merupakan kemudahan pengerjaan beton dari pencampuran, pengecoran, dan pengangkutan sehingga tidak mengurangi homogenitas dan beton tidak terurai. Hasil uji slump yang terlihat pada gambar IV.1 dengan test slump rata-rata 8 cm sesuai dengan test slump yang direncanakan akan tetapi dalam proses pengerjaannya (pengecoran) cukup sulit dilakukan yang mana disebabkan oleh FAS yang rendah serta kebutuhan semen yang besar. Kebutuhan semen didapat dari pembagian kebutuhan air dengan (FAS) sebagai hasilnya terlihat pada table IV.4 campuran untuk 1 m³ beton. Jadi dapat disimpulkan untuk *workability* beton mutu tinggi dengan penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar cukup sulit dalam pengerjaannya baik dalam proses pencampuran maupun proses pencetakan.

Gambar IV 1 Pengujian slump



IV.6 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder dengan ukuran alas 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji ini terdiri dari 2 jenis yaitu benda uji silinder normal dan benda uji SCC dimana masing-masing terdiri dari 3 sampel. Benda uji ini merupakan pengontrol mutu beton yang direncanakan (*control specimen*). Pengujian dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*), dengan kapasitas 3000 KN, dimana benda uji dipasang dengan posisi vertikal. Pengujian dilakukan hingga benda uji retak atau benda uji tidak lagi dapat menahan beban yang diberikan, hal ini ditandai dengan cara jarum berwarna hitam petunjuk pada alat UTM sudah turun ke angka 0, maka pembebanan telah sampai pada nilai maksimumnya.

Tabel IV. 6 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder Normal

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan ($f'_c = P/A$) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19/09/22	SN ₁	28	3,427	8	7850	310	39,480	36,939
19/09/22	SN ₂	28	3,465	8	7850	260	33,121	
19/09/22	SN ₃	28	3,485	8	7850	300	38,216	

Keterangan : SN = Silinder Normal, Hasil pengolahan data, 2022.

Sebelum di Uji



Sesudah di Uji



Gambar IV 1 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Normal (SN)

Tabel IV. 7 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Lima Puluh Persen (SL 50%)

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan (f ['] c = P/A) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19/09/22	SL50% ₁	28	3,523	8	7850	300	38,216	39,490
19/09/22	SL50% ₂	28	3,485	8	7850	290	36,942	
19/09/22	SL50% ₃	28	3,575	8	7850	340	43,312	

Keterangan : Hasil pengolahan data, Silinder Limbah 50%, (SL50%).

Sebelum di Uji



Sesudah di Uji



Gambar IV 2 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 50%.

Tabel IV. 8 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Silinder limbah Seratus Persen (SL 100%)

Tanggal Pengujian	Kode	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Slump (cm)	Luas (A) (mm ²)	Beban (P) (KN)	Kuat Tekan (f ['] c = P/A) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
19/09/22	SL100% ₁	28	3,607	8	7850	300	38,216	37,791
19/09/22	SL100% ₂	28	3,495	8	7850	290	36,942	
19/09/22	SL100% ₃	28	3,569	8	7850	300	38,216	

Keterangan : Hasil pengolahan data, Silinder Limbah 100%, (SL100%).

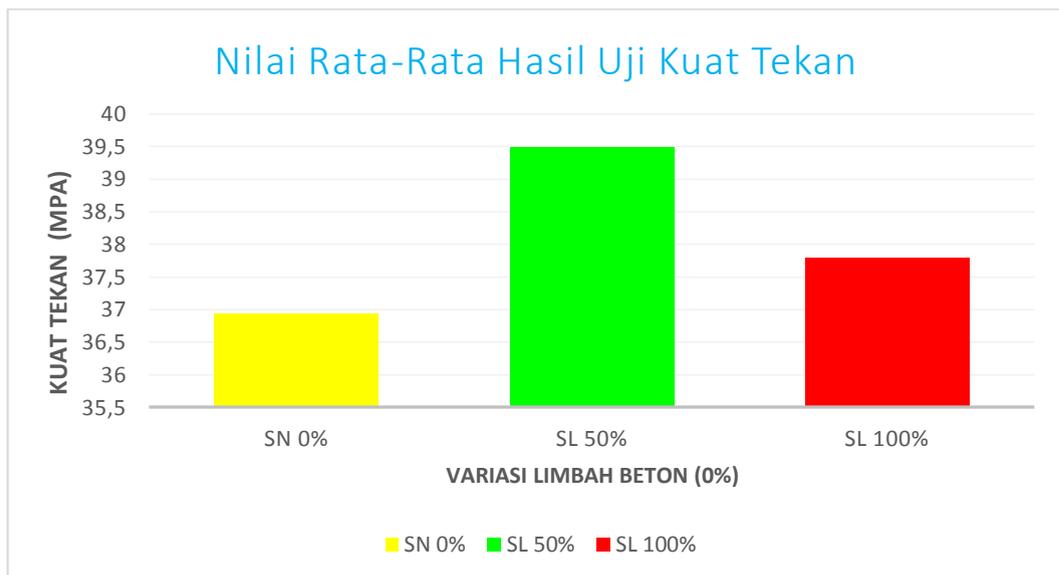
Sebelum di Uji



Sesudah di Uji



Gambar IV 3 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Limbah 1000%.



Gambar IV 4 Histogram kuat tekan pada masing-masing variasi benda uji

Keterangan : SN = Siliner Normal dan SL = Silinder Limbah.

Untuk variasi beton 0% kuat tekan benda uji silinder (menggunakan agregat kasar alami) rata-rata sebesar 36,9 Mpa, dibandingkan dengan kuat tekan benda uji yang menggunakan persentase limbah beton sebesar 50%, mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 39,4 Mpa dan yang menggunakan limbah beton sebesar 100% mendapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37,7 Mpa.

IV.7 Pengujian XRF

Analisis X-Ray Fluorescence (XRF) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari sampel dan juga akan diperoleh spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas dengan energi. Spektrum yang dihasilkan oleh XRF berasal dari penembakan berkas elektron pada target. Hal ini akan menyebabkan atom-atom bahan mengalami ionisasi. Proses ini akan menyebabkan atom-atom bahan berada pada kondisi yang stabil dengan jumlah proton sama dengan elektron, elektron pada bahan akan mengalami eksitasi. Elektron yang memiliki tingkat energi lebih tinggi akan mengalami transisi ke tingkat energi yang lebih rendah. Saat terjadi transisi, maka akan dilepaskan sejumlah energi yang antara lain berupa sinar-X yang akan ditangkap oleh detektor dan ditampilkan dalam bentuk spektrum.



Gambar IV 5 Gambar Alat Uji XRF

IV.7.1 Silinder Normal

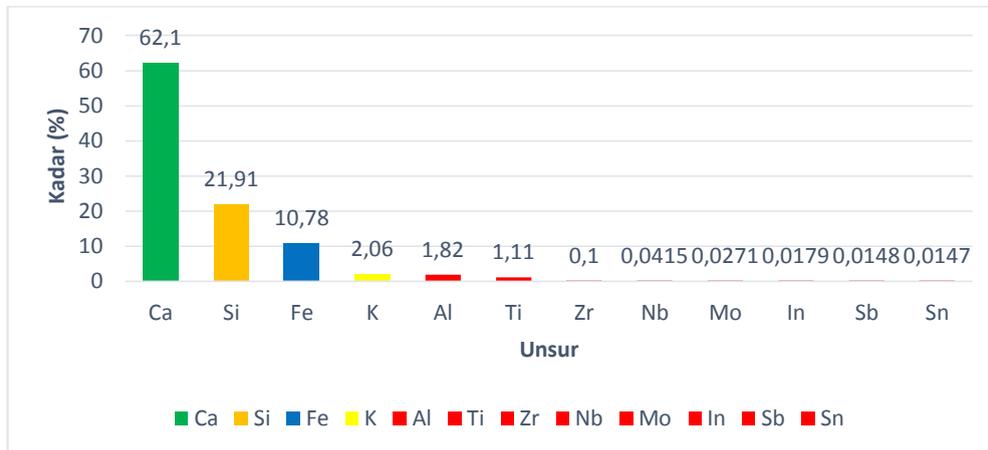
Tabel IV. 9 Hasil Analisis Unsur pada Beton Normal

Nama Unsur	Kadar %
Ca	62,10
Si	21,91
Fe	10,78
K	2,06
Al	1,82
Ti	1,11
Zr	0,1000
Nb	0,0415
Mo	0,0271
In	0,0179
Sb	0,0148
Sn	0,0147

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel IV.9 dapat dilihat bahwa pada beton normal Unsur-unsur pembentuknya antara lain Ca (kalsium/zat kapur), Si (Silikon/zat pasir), Fe (besi), K (kalium/potasium), Al (aluminium/logam), Ti,(titanium logam ringan yang kuat berkilau dan tahan korosi), Zr (zirkonium/logam putih keabuan), Nb (niobium/logam berat), Mo (molibdenum/Timbal masih termasuk dalam logam berat), In (Indium/ termasuk logam yang lembut dan lunak), Sb (Antimon merupakan metaloid yang termasuk logam tak stabil) dan Sn (selenium/timah).

Unsur yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada antara lain Ca (kalsium/zat kapur) dengan kadar 62,10%, Si (Silikon/zat pasir) dengan kadar 21,91% dan Fe (Besi) dengan kadar 10,78%.



Gambar IV.7 Persentase Kadar Unsur yang terkandung pada beton Normal

Tabel IV. 10 Hasil Analisis Oksida pada Beton Normal

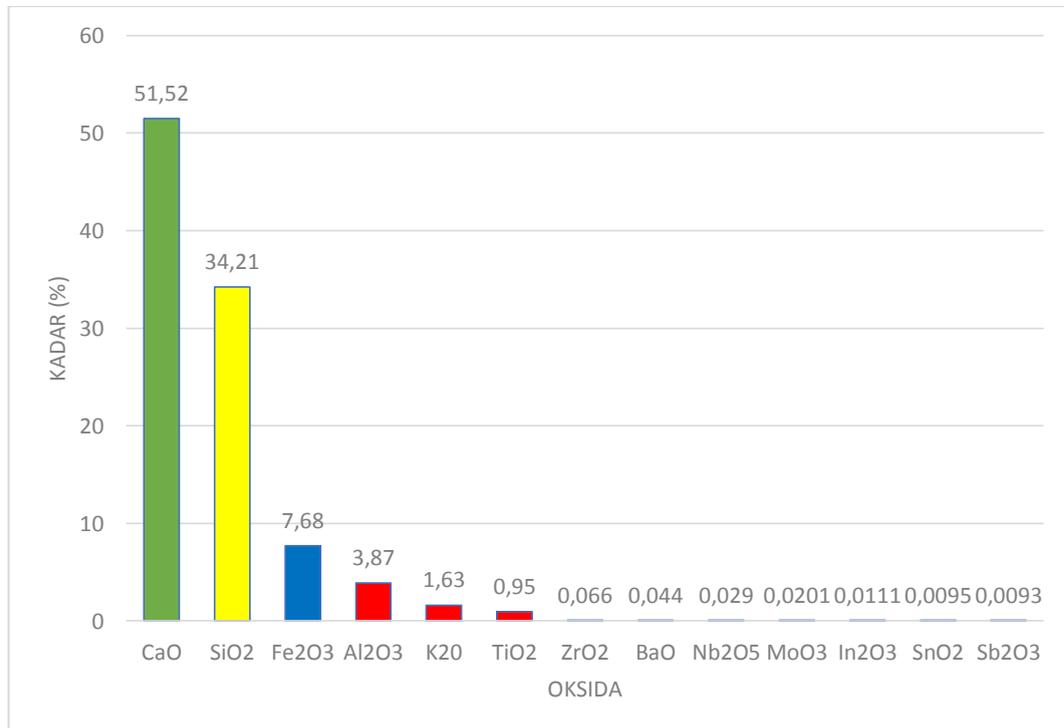
Nama Oksida	Kadar %
CaO	51,52
SiO ₂	34,21
Fe ₂ O ₃	7,68
Al ₂ O ₃	3,87
K ₂ O	1,63
TiO ₂	0,9500
ZrO ₂	0,0660
BaO	0,0440
Nb ₂ O ₅	0,0290
MoO ₃	0,0201
In ₂ O ₃	0,0111
SnO ₂	0,0095
Sb ₂ O ₃	0,0093

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel IV.10 dapat dilihat bahwa oksida yang ada pada beton normal antara lain CaO (Kalsium oksida /Kapur tohor), SiO₂ (Silikon dioksida juga dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) Fe₂O₃ (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi), Al₂O₃ (Alumunium oksida yaitu senyawa dari aluminium dan oksida), K₂O (Kalium oksida suatu senyawa ionik dari kalium dan oksigen), TiO₂ (Titanium dioksida yaitu senyawa yg muncul

secara alami umumnya senyawa ini muncul dari ilmenit, rutil dan antase), ZrO_2 (Zirkonium dioksida yaitu bahan pendukung yang penting untuk katalis karna bersifat mekanis dan stabilitas termal), BaO (Barium oksida yaitu senyawa Higroskopik yang tidak mudah terbakar), Nb_2O_5 (Niobium pentoksida yaitu senyawa anorganik padat tidak berwarna dan cukup tidak reaktif), MoO_3 (Molibdenum trioksida yaitu senyawa anorganik dengan skala terbesar dari senyawa molibdenum), In_2O_3 (Indium trioksida yaitu senyawa kimia yang bersifat amfoter), SnO_2 (Selenium dioksida yaitu senyawa anorganik berbentuk mineral dan kasitterit adalah biji utama timah), dan Sb_2O_3 (Antimon trioksida yaitu senyawa anorganik yang sering ditemukan dialam sebagai valentinit dan senarmontit).

Oksida yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada 3 antara lain CaO (kalsium oksida atau kapur tohor) dengan kadar 51,52%, SiO_2 (Silikon dioksida juga dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) dengan kadar 34,21% dan Fe_2O_3 (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi) dengan kadar 7,68%.



Gambar IV.8 Persentase Kadar Oksida yang terkandung pada beton Normal

IV.7.2 Silinder Limbah 50%

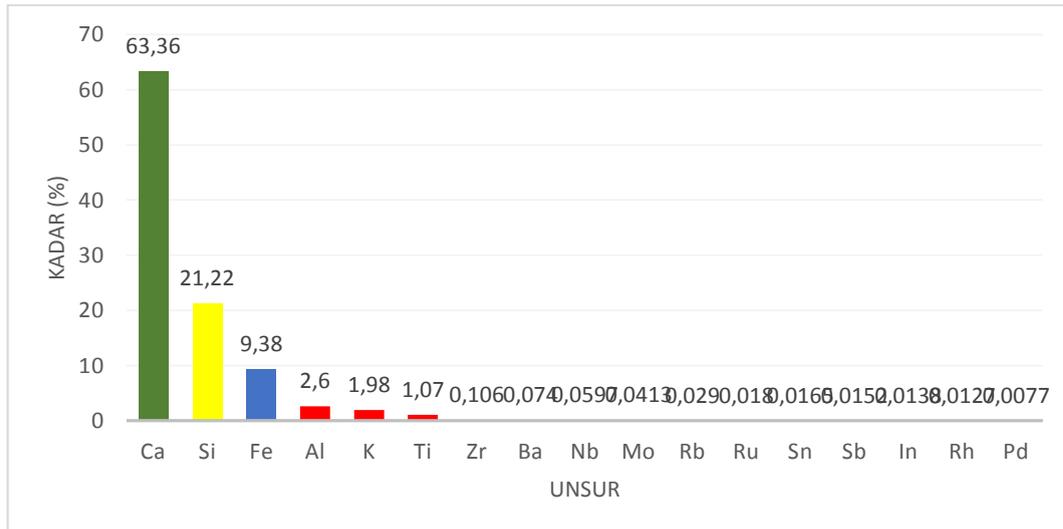
Tabel IV. 11 Hasil analisis Unsur Pada Beton Limbah 50%

Nama Unsur	Kadar %
Ca	63,36
Si	21,22
Fe	9,38
Al	2,60
K	1,98
Ti	1,07
Zr	1,1060
Ba	0,0740
Nb	0,0597
Mo	0,0413
Rb	0,0290
Ru	0,0180
Sn	0,0165
Sb	0,0152
In	0,0138
Rh	0,0127
Pd	0,0077

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel IV.11 dapat dilihat bahwa pada beton normal Unsur-unsur pembentuknya antara lain Ca (kalsium/zat kapur), Si (Silikon/zat pasir), Fe (besi), K (kalium/potasium), Al (aluminium/logam), Ti,(titanium logam ringan yang kuat berkilau dan tahan korosi), Zr (zirkonium/logam putih keabuan), Ba, (Barium merupakan logam alkali tanah yg lunak dan keperkan), Nb (niobium/logam berat), Mo (molibdenum/Timbal masih termasuk dalam logam berat), Rb (Rubidium merupakan logam abu-abu keputihan yang sangat lunak dalam golongan logam alkali), Ru (Rhutenium elemen ini berwujud logam keperakan mengkilap) , In (Indium/ termasuk logam yang lembut dan lunak), Sb (Antimon merupakan metaloid yang termasuk logam tak stabil) dan Sn (selenium/timah), Rh(Rhodium merupakan logam yang seperti mawar)dan Pd (Paladium merupakan logam yang berwarna putih berkilau keperakan).

Unsur yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada 3 antara lain Ca (kalsium/zat kapur) dengan kadar 63,36%, Si (Silikon/zat pasir) dengan kadar 21,22% dan Fe (Besi) dengan kadar 9,38%.



Gambar IV.9 Persentase Kadar Unsur yang terkandung pada beton Limbah 50%

Tabel IV. 12 Hasil analisis Oksida Pada Beton Limbah 50%

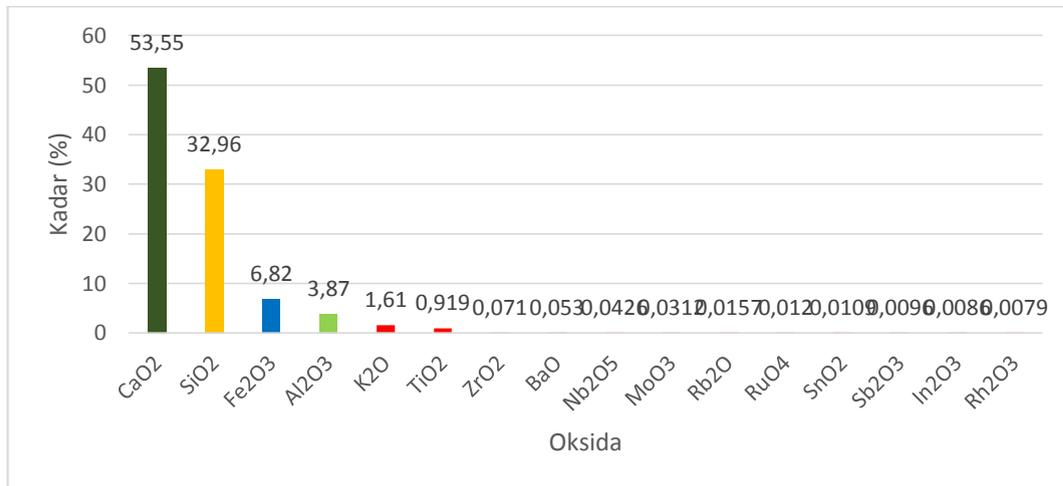
Nama Oksida	Kadar %
CaO ₂	53,55
SiO ₂	32,96
Fe ₂ O ₃	6,82
Al ₂ O ₃	3,87
K ₂ O	1,61
TiO ₂	0,9190
ZrO ₂	0,0710
BaO ₂	0,0530
Nb ₂ O ₅	0,0426
MoO ₃	0,0312
Rb ₂ O	0,0157
RuO ₄	0,0120
SnO ₃	0,0109
Sb ₂ O ₃	0,0096
In ₂ O ₃	0,0086
Rh ₂ O ₃	0,0079

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel IV.12 dapat dilihat bahwa oksida yang ada pada beton normal antara lain CaO (Kalsium oksida /Kapur tohor), SiO₂ (Silikon dioksida juga

dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) Fe_2O_3 (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi), Al_2O_3 (Aluminium oksida yaitu senyawa dari aluminium dan oksida), K_2O (Kalium oksida suatu senyawa ionik dari kalium dan oksigen), TiO_2 (Titanium dioksida yaitu senyawa yg muncul secara alami umumnya senyawa ini muncul dari ilmenit, rutil dan antase), ZrO_2 (Zirkonium dioksida yaitu bahan pendukung yang penting untuk katalis karna bersifat mekanis dan stabilitas termal), BaO (Barium oksida yaitu senyawa Higroskopik yang tidak mudah terbakar), Nb_2O_5 (Niobium pentoksida yaitu senyawa anorganik padat tidak berwarna dan cukup tidak reaktif), MoO_3 (Molibdenum trioksida yaitu senyawa anorganik dengan skala terbesar dari senyawa molibdenum), Rb_2O (Rubidium oksida yaitu senyawa yang sangat reaktif dengan air), RuO_4 (Rutenium tetroksida termasuk logam keras berkilau berwarna putih keperakan logam ini termasuk logam beracun), In_2O_3 (Indium trioksida yaitu senyawa kimia yang bersifat amfoter), SnO_2 (Selenium dioksida yaitu senyawa anorganik berbentuk mineral dan kasitterit adalah biji utama timah), Sb_2O_3 (Antimon trioksida yaitu senyawa anorganik yang sering ditemukan dialam sebagai valentinit dan senarmontit) dan Rh_2O_3 (Rhodium trioksida merupakan senyawa anorganik berbentuk padatan abu-abu yang tidak larut dalam pelarut biasa).

Oksida yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada 3 antara lain CaO (kalsium oksida atau kapur tohor) dengan kadar 53,55%, SiO_2 (Silikon dioksida juga dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) dengan kadar 32,96% dan Fe_2O_3 (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi) dengan kadar 6,82%.



Gambar IV.10 Persentase Kadar Oksida yang terkandung pada beton Limbah 50%

IV.7.3 Silinder Limbah 100%

Tabel IV. 13 Hasil analisis Unsur Pada Beton Limbah 100%

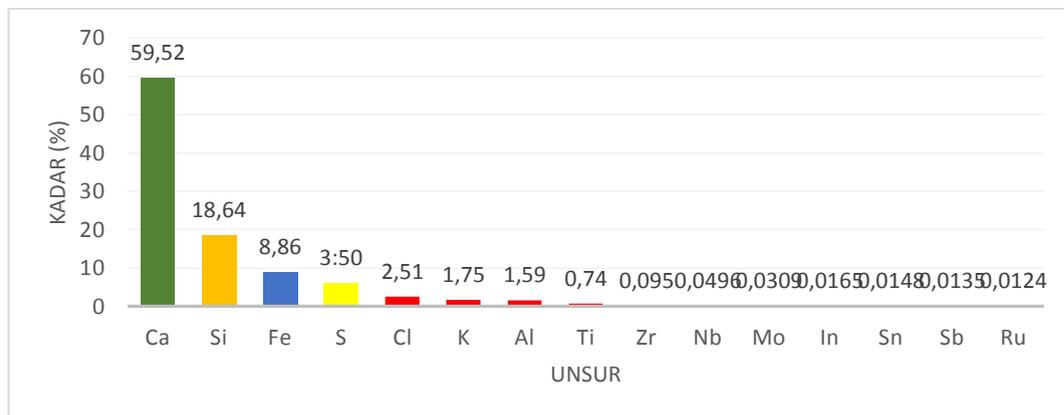
Nama Unsur	Kadar %
Ca	59,52
Si	18,64
Fe	8,86
S	6,16
Cl	2,51
K	1,75
Al	1,59
Ti	0,7400
Zr	0,0950
Nb	0,0496
Mo	0,0309
In	0,0165
Sn	0,0148
Sb	0,0135
Ru	0,0124

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel IV.13 dapat dilihat bahwa pada beton normal Unsur-unsur pembentuknya antara lain Ca (kalsium/zat kapur), Si (Silikon/zat pasir), Fe (besi), S

(Sulfur atau belerang), Cl (Klorin), K (kalium/potasium), Al (aluminium/logam), Ti,(titanium logam ringan yang kuat berkilau dan tahan korosi), Zr (zirkonium/logam putih keabuan), Nb (niobium/logam berat), Mo (molibdenum/Timbal masih termasuk dalam logam berat), In (Indium/ termasuk logam yang lembut dan lunak),Sn (selenium/timah), Sb (Antimon merupakan metaloid yang termasuk logam tak stabil) dan Ru (Rhutenium elemen ini berwujud logam keperakan mengkilap)

Unsur yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada antara lain Ca (kalsium/zat kapur) dengan kadar 59,52%, Si (Silikon/zat pasir) dengan kadar 18,64,91% dan Fe (Besi) dengan kadar 8,86%.



Gambar IV.11 Persentase Kadar Unsur yang terkandung pada beton Limbah 100%

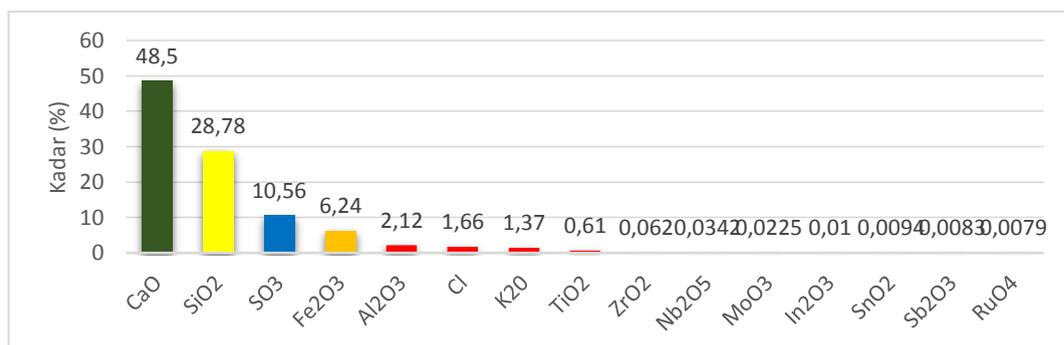
Tabel IV. 14 Hasil analisis Oksida Pada Beton Limbah 100%.

Nama Oksida	Kadar %
CaO	48,50
SiO ₂	28,78
SO ₃	10,56
Fe ₂ O ₃	6,24
Al ₂ O ₃	2,12
Cl	1,66
K ₂ O	1,37
TiO ₂	0,6100
ZrO ₂	0,0620
Nb ₂ O ₅	0,0342
MoO ₃	0,0225
In ₂ O ₃	0,0100
SnO ₂	0,0094
Sb ₂ O ₃	0,0083
RuO ₄	0,0079

Sumber: Hasil pengujian.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa oksida yang ada pada beton normal antara lain CaO (Kalsium oksida /Kapur tohor), SiO₂ (Silikon dioksida juga dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) Fe₂O₃ (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi), Al₂O₃ (Alumunium oksida yaitu senyawa dari aluminium dan oksida), Cl (Klorin merupakan K₂O (Kalium oksida suatu senyawa ionik dari kalium dan oksigen), TiO₂ (Titanium dioksida yaitu senyawa yg muncul secara alami umumnya senyawa ini muncul dari ilmenit, rutil dan antase), ZrO₂ (Zirkonium dioksida yaitu bahan pendukung yang penting untuk katalis karna bersifat mekanis dan stabilitas termal), Nb₂O₅ (Niobium pentoksida yaitu senyawa anorganik padat tidak berwarna dan cukup tidak reaktif), MoO₃ (Molibdenum trioksida yaitu senyawa anorganik dengan skala terbesar dari senyawa molibdenum), In₂O₃ (Indium trioksida yaitu senyawa kimia yang bersifat amfoter), SnO₂ (Selenium dioksida yaitu senyawa anorganik berbentuk mineral dan kasitterit adalah biji utama timah), Sb₂O₃ (Antimon trioksida yaitu senyawa anorganik yang sering ditemukan dialam sebagai valentinit dan senarmontit) dan RuO₄ (Rutenium tetroksida termasuk logam keras berkilau berwarna putih keperakan logam ini termasuk logam beracun).

Oksida yang memiliki kadar tertinggi atau dominan ada antara lain CaO (kalsium oksida atau kapur tohor) dengan kadar 48,50%, SiO₂ (Silikon dioksida juga dikenal silika atau asam silikat sering ditemukan pada pasir atau kuarsa) dengan kadar 28,78% dan Fe₂O₃ (Ferioksida juga dikenal sebagai biji besi) dengan kadar 10,56%.



Gambar IV.12 Persentase Kadar Oksida yang terkandung pada beton Limbah 100%.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian sampel dan pengolahan data, dari pengolahan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar (kerikil) hingga pengujian kuat tekan dan pengujian XRF, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perbandingan kuat tekan yang didapatkan pada tiap sampel benda uji dari 3 variasi yang digunakan antara lain, pada beton normal atau variasi (0%) sebesar 36,9 Mpa, pada variasi (100%) sebesar 37,7 Mpa, dan pada variasi (50%) sebesar 39,4 Mpa.
2. Persentase peningkatan kuat tekan yang didapatkan pada tiap-tiap sampel benda uji antara lain variasi (0%) diperoleh kenaikan 19%, pada variasi (50%) diperoleh kenaikan 17%, sedangkan pada variasi (100%) hanya mengalami kenaikan 3%. Seiring dengan banyaknya limbah beton yang digunakan persentase kenaikan kuat tekan beton juga akan semakin rendah.
3. Dari hasil pengujian XRF beton normal, beton limbah 50% dan 100% dapat diketahui bahwasanya unsur-unsur pembentuk yang ada pada beton limbah mengalami penambahan beberapa unsur yang tidak dimiliki beton normal antara lain (Ba, Rb, Ru, Rh, Pd dan Cl).

V.2 Saran

- a. Membuat penelitian selanjutnya dari limbah beton dengan perendaman yang lebih lama dari sebelumnya.
- b. Memperhatikan kondisi peralatan yang ada di laboratorium khususnya saringan, bekisting/cetakan silinder dan palu beton.
- c. Perlu menjadi perhatian khusus mengenai adanya sistem manajemen yang baik dalam lingkungan laboratorium bahan dan beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar sehingga setiap pengerjaan penelitian yang boleh dilaksanakan dapat berjalan sesuai standar dan prosedur yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., Fasdarsyah, F., & Fahrosa, S. J. (2018). Pengaruh Variasi Abu Batu Terhadap Flowability Dan Kuat Tekan *Self Compacting Concrete*. Teras Jurnal, 7(2), 292.
- EFNARC (2005): *The European Guidelines For Self-Compacting Concrete: Specification, Production And Use*, UK.
- Fitton, G., 1997, X-Ray spektrometri fluoresensi, dalam Gill, R. (ed.), *Modern Analytical Geokimia: Sebuah Pengantar Analisis Kimia Kuantitatif untuk Bumi, Lingkungan Hidup dan Ilmuwan Bahan*, Addison Wesley Longman, Inggris.
- Nurdin, S.S, dkk 2020. Kajian Eksperimental Kuat Lentur Pada Balok Beton Mutu Tinggi Dengan Perkuatan Wiremesh Yang Menggunakan Limbah Beton. Penelitian *Universitas Fajar Makassar 2020*.
- Soelarso, dkk 2016. Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas *Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa* . 2016. Vol.5, No.2.
- Syamsuddin, R., Wicaksono, A., & Fazairin, F. (2011). Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 5(2), 68–75.
- Thoengsal, J 2017. Kategori jenis beton dalam penggunaannya. http://jamesthoeengsal.blogspot.com/p/blog-page_46.html 2021.
- Umar, 2003, Optimalisasi analisis *X-Ray Fluorescence Spectrophotometer* dengan menggunakan metode preparasi sampel Fused Bead (pussed pellet). *Universitas Hasanuddin, Makassar*.

LAMPIRAN

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 2

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)

Berat contoh kering = 1.000 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
No. 4	0	0,00	0,00	100,00
No.8	15	1,50	1,50	98,50
No. 16	55	5,50	7,00	93,00
No. 30	220	22,00	29,00	71,00
No. 50	430	43,00	72,00	28,00
No. 100	170	17,00	89,00	11,00
No. 200	100	10,00	99,00	1,00
pan	10	1	100,00	0
Jumlah	1000	100,00	297,50	

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir (F)} = \frac{297,50}{100} = 2,98$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah 2,98 dimana memenuhi syarat pencampuran beton yaitu 2,3 – 3,1.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 3

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	Gram	102
B	Berat Talam + Benda Uji	Gram	2085
C	Berat benda Uji (B - A)	Gram	1983
D	Berat Benda Uji Kering	Gram	1897

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1983 - 1879}{1879} \times 100\% \\ &= 4,5334 \quad \%\end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian kadar air agregat halus adalah 4,53 % dimana memenuhisyarat campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 4

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Halus (Pasir)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3554	3554
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	4904	4832
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1350	1278
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,473	1,395

Jadi hasil pengujian berat volume agregat halus adalah : kondisi padat = 1,473
dangembur = 1,395 dimana memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 5

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Hasil Percobaan I

A =	Berat Picnometer	=	124	gram
B =	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	=	250	gram
C =	Berat Picno + air + Contoh SSD	=	552	gram
D =	Berat Talam	=	91	gram
E =	Berat Picno + air	=	393	gram
F =	Berat Setelah dioven + Talam	=	334	gram
G =	Berat Benda Uji Kering Oven (F-D)	=	243	gram

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Apparent SG} &= \frac{G}{G + \frac{G}{E} - C} \\ &= \frac{243}{243 + \frac{243}{393} - 552} \\ &= \frac{243}{84} \\ &= 2,89 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ On Dry Basic} &= \frac{G}{B + \frac{G}{E} - C} \\ &= \frac{243}{250 + \frac{243}{393} - 552} \\ &= \frac{243}{91} \\ &= 2,68 \text{ gram} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \text{SSD Basic} &= \frac{B}{B + E - C} \\ &= \frac{250}{250 + 393 - 552} \\ &= \frac{250}{91} \\ &= 2,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \text{Absorption} &= \frac{B - G}{G} \times 100\% \\ &= \frac{250 - 243}{243} \times 100\% \\ &= \frac{7}{243} \times 100\% \\ &= 2.88 \% \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat halus semua memenuhi syarat pencampuran beton, kecuali absorsi yang mendapatkan nilai 2,04 % sedangkan intervalnya 0,2 % – 2 %.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
 KOORDINATOR LABORATORIUM
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 6

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Organik Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan warna no. 2 sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada pasir tersebut tergolong sedang dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.



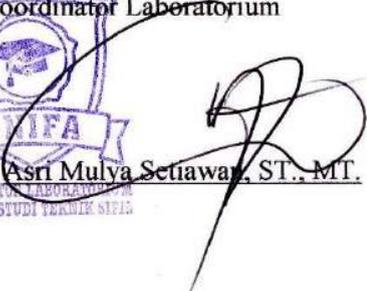
Gambar hasil pengujian



Gambar standar warna

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LAMPIRAN B PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 7

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Volume Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	0,91609	0,91609
B	Berat Bohler Kosong	gram	3554	3554
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	4881	4695
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	1327	1141
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,449	1,246

Jadi hasil pengujian berat volume agregat kasar pada kondisi padat = 1, 449
dangembur = 1,246 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 8

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Kasar (Kerikil)

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,00	100,00
3/4'	124	8,27	8,27	91,73
3/8'	1088	72,53	80,80	19,20
4	280	18,67	99,47	0,53
8	8	0,53	100,00	0,00
16	0	0,00	100,00	0,00
30	0	0,00	100,00	0,00
50	0	0,00	100,00	0,00
100	0	0,00	100,00	0,00
pan	0	0,00	0,00	0,00
Jumlah	1500	100,00	688,533	211,47

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{688,533}{100} = 6,9$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah 6,9 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 9

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	gram	102
B	Berat Talam + Benda Uji	gram	2748
C	Berat benda Uji (B - A)	gram	2646
D	Berat Benda Uji Kering	gram	2600

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{2646 - 2600}{2600} \times 100\% \\ &= 1,769 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air agregat kasar adalah 1,769 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS**

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 10

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan I

A = Berat Talam	=	101	Gram
B = Berat Kering Sebelum Dicuci	=	2500	Gram
C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam	=	2543	Gram
D = Berat Kering Setelah Dicuci	=	2489	Gram

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{B - D}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2500 - 2489}{2500} \times 100\% \\ &= \frac{11}{2500} \times 100\% \\ &= 0,44 \quad \% \end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur kerikil adalah = 0,44 % memenuhi syarat dalam campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 11

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

A =	Berat Kosong Keranjang	=	540	gram
B =	Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara	=	3440	gram
C =	Berat Keranjang + Benda Uji didalam air	=	1500	gram
D =	Berat Keranjang Dalam Air	=	474	gram
E =	Berat Benda Uji Kering Oven	=	2498	gram

• **Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Kerikil)**

• Apparent

SG

$$\begin{aligned}
 & \frac{E - C - D}{2498 - 1500 - 474} \\
 & = \frac{2498}{1472} \\
 & = 2,91 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

• On Dry Basic

$$\begin{aligned}
 & \frac{E}{B - A - C - D} \\
 & = \frac{2498}{3440 - 540 - 1500 - 474} \\
 & = \frac{2498}{1874} \\
 & = 1,33 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$

• SSD Basic

$$\begin{aligned}
 & \frac{B - A}{B - A - C - D} \\
 & = \frac{3440 - 540}{3440 - 540}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 3440 - 540 - \overline{1500} - 474 \\
 = & \frac{2900}{1874} \\
 = & 1,55 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$

- Absorption = $\frac{(B - A) - E}{E} \times 100\%$

$$\begin{aligned}
 = & \frac{3440 - 540 - 2498}{2498} \times 100\% \\
 = & \frac{402}{2498} \times 100\% \\
 = & 1,6 \text{ Gram}
 \end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis agregat kasar semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.

KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS

FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 92031

No Lampiran : 12

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Keausan Agregat Kasar (Kerikil)

Keterangan : -Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada saringan no. 1/2 & 3/4 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A)

- Berat setelah diabrasi = 3010 (B)

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{abrasi} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-2438}{5000} \times 100\% \\ &= 51,24\% \end{aligned}$$

Jadi nilai rata dari keausan agregat kasar adalah = 51,24 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulva Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LAMPIRAN C PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT KASAR



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 13

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

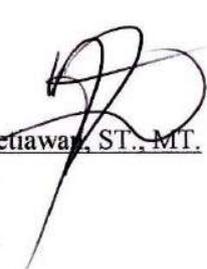
Berat Volume Agregat Kasar (Limbah Beton)

Kode	Keterangan	Satuan	Padat	Gembur
A	Volume Bohler	liter	1.28	1,28
B	Berat Bohler Kosong	gram	4595	4595
C	Berat bohler + Benda Uji	gram	6755	6650
D	Berat Benda Uji (C - B)	gram	2160	2055
BERAT VOLUME	= $\frac{D}{A}$	kg/liter	1,69	1,61

Jadi hasil pengujian berat volume limbah beton pada kondisi padat = 1,69
dangembur = 1,61 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 14

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Analisa Saringan Agregat Kasar (Limbah Beton)

Berat contoh kering = 1500 gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
mm	gram	%	%	%
1	0	0,00	0,000	100,00
3/4'	610	12,16	12,164	87,84
1/2'	510	10,17	22,333	77,67
3/8'	900	17,95	40,279	59,72
4	600	11,96	52,243	47,76
8	565	11,27	63,509	36,49
16	420	8,37	71,884	28,12
30	370	7,38	79,262	20,74
50	345	6,88	86,142	13,86
100	335	6,68	92,822	7,18
pan	360	7,18	100,000	0,00
Jumlah	5015	100	620,638	

$$\text{Modulus Kehalusan Kerikil (F)} = \frac{620,638}{100} = 6,21$$

Jadi hasil pengujian analisa saringan limbah beton adalah 6,21 dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 15

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Air Agregat Kasar (Limbah Beton)

Kode	Keterangan	Satuan	Berat
A	Berat Talam	gram	90
B	Berat Talam + Benda Uji	gram	1590
C	Berat benda Uji (B - A)	gram	1500
D	Berat Benda Uji Kering	gram	1480

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{C - D}{D} \times 100\% \\ &= \frac{1500 - 1480}{1480} \times 100\% \\ &= 1,35 \%\end{aligned}$$

Jadi pengujian kadar air limbah beton adalah 1,35 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton

2021

Makassar Juni

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 16

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Lumpur Agregat Kasar (Limbah Beton)

Percobaan I

A = Berat Talam = 90 Gram

B = Berat Kering Sebelum Dicuci = 1500 Gram

C = Berat Kering Setelah Dicuci + Talam = 1575 Gram

D = Berat Kering Setelah Dicuci = 1485 Gram

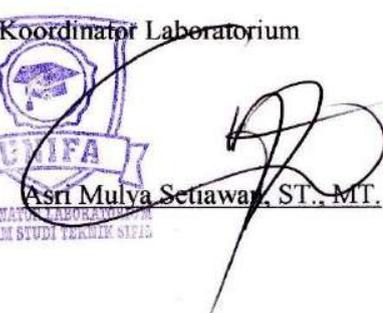
$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur} &= \frac{B - D}{B} \times 100\% \\ &= \frac{1500 - 1485}{1500} \times 100\% \\ &= \frac{15}{1500} \times 100\% \\ &= 1 \%\end{aligned}$$

Jadi nilai rata-rata untuk kadar lumpur limbah beton adalah = 1 %
memenuhi syarat dalam campuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Asri Mulya Setiawan, ST., MT.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 17

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Absorpsi dan Berat Jenis Agregat Kasar (Limbah Beton)

A =	Berat Kosong Keranjang	=	540	gram
B =	Berat Keranjang + Benda Uji SSD Udara	=	3590	gram
C =	Berat Keranjang + Benda Uji didalam air	=	2310	gram
D =	Berat Keranjang Dalam Air	=	490	gram
E =	Berat Benda Uji Kering Oven	=	2990	gram

• Apparent
$$\frac{E}{\quad \quad \quad}$$

SG
$$\frac{E - C - D}{2990}$$

$$= \frac{2990 - 2310 - 490}{2990}$$

$$= \frac{1170}{2990}$$

$$= 2,91 \text{ gram}$$

• On Dry Basic
$$\frac{E}{B - A - C - D}$$

$$= \frac{2990}{3590 - 540 - 2310 - 540}$$

$$= \frac{2990}{1230}$$

$$= 2,43 \text{ Gram}$$

• SSD Basic
$$\frac{B - A}{B - A - C - D}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3590}{3590} - \frac{540}{2310} - \frac{490}{2310} \\
&= \frac{2990}{2990} \\
&= 2,48 \text{ Gram}
\end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}
\text{Absorption} &= \frac{(B - A) - E}{E} \times 100\% \\
&= \frac{3590 - 540 - 2990}{2990} \times 100\% \\
&= \frac{60}{2990} \times 100\% \\
&= 2,01 \text{ Gram}
\end{aligned}$$

Jadi hasil pengujian berat jenis limbah beton semua memenuhi syarat pencampuran beton

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 18

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

Keausan Agregat Kasar (Limbah Beton)

Keterangan : -Agregat kasar yang lolos saringan nomor 3/4 tertahan pada

saringan no. 1/2 & 3/8 (masing-masing 3.000 gram)

-Saringan 1/2 = 2500

-Saringan 3/8 = 2500

- Berat sebelum di abrasi (A) = 5000

- Berat setelah diabrasi (B) = 3030 – 90 (berat talam) = 2940

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{abrasi} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-2940}{5000} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 41,20 \%$$

Perhitungan keausan limbah beton adalah = 41,20 % dimana memenuhi syarat pencampuran beton.

Makassar Juni 2021

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Asri Mulya Setiawan, ST., MT.

A handwritten signature in black ink, written over the printed name and partially overlapping the official stamp.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN PROGRAM
STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

No Lampiran : 19

Dikerjakan : Zefanya indarto Diperiksa : Koordinator Laboratorium

Pengujian : Karakteristik Agregat Tgl. Pemeriksaan : Juni 2021

Penelitian : Tugas Akhir

LAMPIRAN E SPESIFIKASI SNI KARAKTERISRIK

A. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus Menurut SNI

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
1	Kadar Lumpur	Maks 5%	SNI 03-4141-1996
2	Kadar Organik	< No.3	SNI 03-2816-1992
3	Kadar Air	2% - 5%	SNI 03-1971-1990
4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	Maks 2%	SNI 03-1970-1990
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,3	SNI 03-1970-1990
7	Modulud Halus	2,50 – 3,80	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia

B. Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat Kasar Menurut SNI

No	Karakteristik	Spesifikasi SNI	Metode
	1	2	3
1	Kadar Lumpur	0.2% - 1%	SNI 03-4141-1996
2	Kehausan	15% - 50%	SNI 03-2417-1991
3	Kadar Air	0,5% - 2%	SNI 03-1971-1990

4	Berat Volume		SNI 03-4804-1998
	a. Kondisi Lepas	1,6 – 1,9 kg/liter	
	b. Kondisi Padat	1,6 – 1,9 kg/liter	
5	Absorpsi	2% - 4%	SNI 03-1969-1996
6	Barat Jenis SSD	1,6 – 3,2	SNI 03-1969-1990
7	Modulus Kehausan	5,5 – 8,5	SNI 03-1968-1990

Sumber : Standar Nasional Indonesia

LAMPIRAN E PENGUJIAN KARAKTERISTIK

No Lampiran 20

Nama Pengujian : Penghancuran Limbah Beton



No Lampiran 21

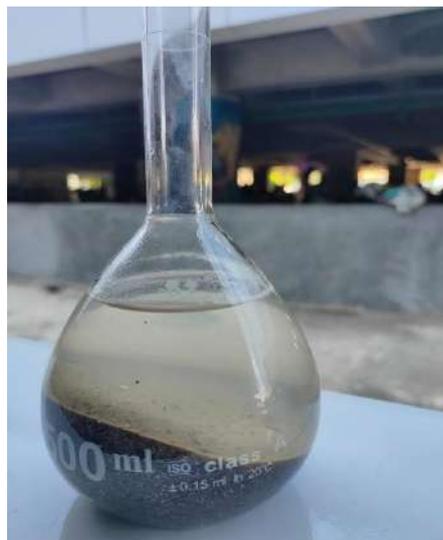
Nama Pengujian : Pengujian Kadar Lumpur dan Analisa Saringan





No Lampiran 22

Nama Pengujian : Kadar Air, Berat Volume dan Kadar Organik



No Lampiran 23

Nama Pengujian : Absorpsi dan Keausan



No Lampiran 24

Nama Pengujian : Pengecoran Benda Uji





No Lampiran 25

Nama Pengujian : Perendaman Benda Uji (*Curing*)



No Lampiran 26

Nama Pengujian : Pengujian Benda Uji



No Lampiran 27



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Nomor Pekerjaan : LPPS.XJ-2209-16/3

Job Number

Dipersembahkan Kepada

Presented To

Kepada Yth <i>Attention</i>	: Nelson NP Toding Karaeng	Jabatan <i>Job Title</i>	: Mahasiswa
Nama Pelanggan <i>Customer Name</i>	: Nelson NP Toding Karaeng	Tujuan Pengujian <i>Purpose of analysis</i>	: Analisis Unsur dan Oksida
Alamat/Universitas <i>Address/University</i>	: Universitas Fajar	No. Faks/ Fax No.	: -
Tanggal Sampel Diterima <i>Date of Sample Receipt</i>	: 21 September 2022	No. Telp./ Phone No.	: 082292433159
Email <i>Email</i>	: -	Tanggal Sampel Dianalisis <i>Date of Sample Analysed</i>	: 7 Oktober 2022
Nama Pengujian <i>Name of analysis</i>	: Analisis Unsur dan Oksida pada Beton dengan XRF	Total Halaman	: 4

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang diuji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.

The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full



LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SAINS
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telp. 0411-586016 • Fax. 0411-588551 • Email : lpps.fmipa.unhas@gmail.com

LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS

Nomor Pekerjaan : LPPS.XJ-2209-16/3

I. Pelanggan / Principal

1.1 Nama / Name : Nelson NP Toding Karaeng
1.2 Alamat / Address : Abdesir
1.3 Telepon / Phone : 082292433159
1.4 Personil Penghubung / Contact Person : -
1.5 Email / Email : -

II. Contoh Uji / Sample

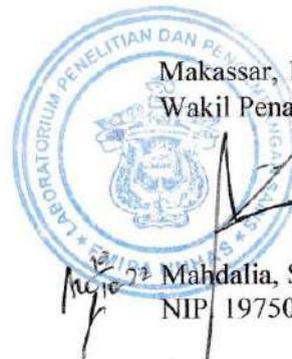
2.1 Kode Sampel / Sampel Code : LPPS.X-2209-16/3A
2.2 Kemasan / Packaging : Plastik
2.3 Nama Sampel / Sample Name : Beton (SN)
2.4 Keterangan Lain / Other Information : -
2.5 Tanggal Sampling / Date of Sampling : -
2.6 Diterima / Date of Received : 21 September 2022
2.7 Tanggal Uji / Date of Analysis : 07 Oktober 2022
2.8 Jenis Uji / Type of Analysis : Unsur dan Oksida

III. Hasil Uji / Result

Parameter	Satuan	Hasil
Ca	m/m%	62.10
Si	m/m%	21.91
Fe	m/m%	10.78
K	m/m%	2.06
Al	m/m%	1.82
Ti	m/m%	1.11
Zr	m/m%	0.1000
Nb	m/m%	0.0415
Mo	m/m%	0.0271
In	m/m%	0.0179
Sb	m/m%	0.0148
Sn	m/m%	0.0147

Parameter	Satuan	Hasil
CaO	m/m%	51.52
SiO ₂	m/m%	34.21
Fe ₂ O ₃	m/m%	7.68
Al ₂ O ₃	m/m%	3.87
K ₂ O	m/m%	1.63
TiO ₂	m/m%	0.9500
ZrO ₂	m/m%	0.0660
BaO	m/m%	0.0440
Nb ₂ O ₅	m/m%	0.0290
MoO ₃	m/m%	0.0201
In ₂ O ₃	m/m%	0.0111
SnO ₂	m/m%	0.0095
Sb ₂ O ₃	m/m%	0.0093

Makassar, 10 Oktober 2022
Wakil Penanggungjawab Teknis



Mahdalia, S.Si., M.Si
NIP/197508261996012001

Catatan:

- Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas
- Dilarang mengutip/menyalin sebagian isi hasil uji ini



LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SAINS
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telp. 0411-586016 • Fax. 0411-588551 • Email : lpps.fmipa.unhas@gmail.com

LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS

Nomor Pekerjaan : LPPS.XJ-2209-16/3

I. Pelanggan / Principal

1.1 Nama / Name : Nelson NP Toding Karaeng
1.2 Alamat / Address : Abdesir
1.3 Telepon / Phone : 082292433159
1.4 Personil Penghubung / Contact Person :-
1.5 Email / Email :-

II. Contoh Uji / Sample

2.1 Kode Sampel / *Sample Code* : LPPS.X.2209-16/3B
2.2 Kemasan / *Packaging* : Plastik
2.3 Nama Sampel / *Sample Name* : Beton (SL 50%)
2.4 Keterangan Lain / *Other Information* :-
2.5 Tanggal Sampling / *Date of Sampling* :-
2.6 Diterima / *Date of Received* : 21 September 2022
2.7 Tanggal Uji / *Date of Analysis* : 07 Oktober 2022
2.8 Jenis Uji / *Type of Analysis* : Unsur dan Oksida

III. Hasil Uji / Result

Parameter	Satuan	Hasil
Ca	m/m%	63.36
Si	m/m%	21.22
Fe	m/m%	9.38
Al	m/m%	2.60
K	m/m%	1.98
Ti	m/m%	1.07
Zr	m/m%	0.1060
Ba	m/m%	0.0740
Nb	m/m%	0.0597
Mo	m/m%	0.0413
Rb	m/m%	0.0290
Ru	m/m%	0.0180
Sn	m/m%	0.0165
Sb	m/m%	0.0152
In	m/m%	0.0138
Rh	m/m%	0.0127
Pd	m/m%	0.0077

Parameter	Satuan	Hasil
CaO	m/m%	53.55
SiO ₂	m/m%	32.96
Fe ₂ O ₃	m/m%	6.82
Al ₂ O ₃	m/m%	3.87
K ₂ O	m/m%	1.61
TiO ₂	m/m%	0.9190
ZrO ₂	m/m%	0.0710
BaO	m/m%	0.0530
Nb ₂ O ₅	m/m%	0.0426
MoO ₃	m/m%	0.0312
Rb ₂ O	m/m%	0.0157
RuO ₄	m/m%	0.0120
SnO ₂	m/m%	0.0109
Sb ₂ O ₃	m/m%	0.0096
In ₂ O ₃	m/m%	0.0086
Rh ₂ O ₃	m/m%	0.0079

Makassar, 10 Oktober 2022

Wakil Penanggungjawab Teknis

Mahdalia, S.Si., M.Si

NIP. 197508261996012001

Catatan:

- Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas
- Dilarang mengutip/menyalin sebagian isi hasil uji ini



**LABORATORIUM PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SAINS
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telp. 0411-586016 • Fax. 0411-588551 • Email : lpps_fmipa.unhas@gmail.com

**LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS**

Nomor Pekerjaan : LPPS.XJ-2209-16/3

I. Pelanggan / Principal

1.1 Nama / Name : Nelson NP Toding Karaeng
1.2 Alamat / Address : Abdesir
1.3 Telepon / Phone : 082292433159
1.4 Personil Penghubung / Contact Person : -
1.5 Email / Email : -

II. Contoh Uji / Sample

2.1 Kode Sampel / Sampel Code : LPPS.X.2209-16/3C
2.2 Kemasan / Packaging : Plastik
2.3 Nama Sampel / Sample Name : Beton (SL 100%)
2.4 Keterangan Lain / Other Information : -
2.5 Tanggal Sampling / Date of Sampling : -
2.6 Diterima / Date of Received : 21 September 2022
2.7 Tanggal Uji / Date of Analysis : 07 Oktober 2022
2.8 Jenis Uji / Type of Analysis : Unsur dan Oksida

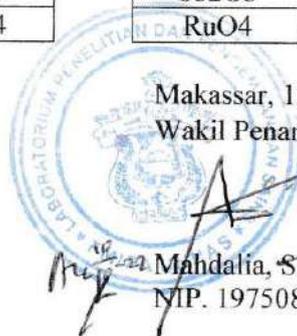
III. Hasil Uji / Result

Parameter	Satuan	Hasil
Ca	m/m%	59.52
Si	m/m%	18.64
Fe	m/m%	8.86
Sx	m/m%	6.16
Cl	m/m%	2.51
K	m/m%	1.75
Al	m/m%	1.59
Ti	m/m%	0.7400
Zr	m/m%	0.0950
Nb	m/m%	0.0496
Mo	m/m%	0.0309
In	m/m%	0.0165
Sn	m/m%	0.0148
Sb	m/m%	0.0135
Ru	m/m%	0.0124

Parameter	Satuan	Hasil
CaO	m/m%	48.50
SiO ₂	m/m%	28.78
SO ₃	m/m%	10.56
Fe ₂ O ₃	m/m%	6.24
Al ₂ O ₃	m/m%	2.12
Cl	m/m%	1.66
K ₂ O	m/m%	1.37
TiO ₂	m/m%	0.6100
ZrO ₂	m/m%	0.0620
Nb ₂ O ₅	m/m%	0.0342
MoO ₃	m/m%	0.0225
In ₂ O ₃	m/m%	0.0100
SnO ₂	m/m%	0.0094
Sb ₂ O ₃	m/m%	0.0083
RuO ₄	m/m%	0.0079

Makassar, 10 Oktober 2022

Wakil Penanggungjawab Teknis



Mahdalia, S.Si., M.Si

NIP. 197508261996012001

Catatan:

- Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh tersebut di atas
- Dilarang mengutip/menyalin sebagian isi hasil uji ini