

SKRIPSI

**“ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN DENGAN ALAT UJI *CTM*
DAN *HAMMER TEST* PADA VARIASI MUTU BETON”**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Pada Program Studi

Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



Di susun oleh:

LALU MUHAMMAD YOGA PRATAMA
2019D1B064

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2024

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

**ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN DENGAN ALAT UJI CTM DAN
HAMMER TEST PADA VARIASI MUTU BETON**


Disusun Oleh:

Lalu Muhammad Yoga Pratama
2019D1B064


Mataram, 19 Januari 2024

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I


Dr. Eng. Hariyadi, ST.,M.Sc (Eng)
NIDN.0027107301


Pembimbing II


Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
NIDN.0828087201

Mengetahui.

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,


Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc
NIDN.0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN DENGAN ALAT UJI CTM DAN
HAMMER TEST PADA VARIASI MUTU BETON**

Disusun Oleh:

Lalu Muhammad Yoga Pratama
2019D1B064

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada Hari Rabu, 31 Januari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. Hariyadi, ST.,M.Sc (Eng) (.....)
2. Penguji II : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT (.....)
3. Penguji III : Ahmad Zarkasi, ST., MT (.....)

Mengetahui.

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc

NIDN.0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lalu Muhammad Yoga Pratama
NIM : 2019D1B064

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Judul Skripsi : **ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN
DENGAN ALAT UJI *CTM* DAN *HAMMER*
TEST PADA VARIASI MUTU BETON**

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana strata (S-1) di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur penjiplakan atau plagiasi dari karya tulis/skripsi ini, maka saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup di tuntutan sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan tanpa tekanan dari pihak manapun.

Mataram, 10 Maret 2024
Yang membuat pernyataan



Lalu Muhammad Yoga Pratama
2019D1B064



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lalu Muhammad Yogu Pratama
 NIM : 2019 01 B 0 64
 Tempat/Tgl Lahir : KAMPUR : 4 Maret 2002
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp : 081 805 679 761
 Email : Pratama.yogulalu@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

"ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN DENGAN ALAT Uji
CTM DAN HAMMER TEST PADA VARIASI MUTU BETON"

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 48%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, Rabu, 6 Maret 2024
 Penulis



Lalu Muhammad Yogu Pratama
 NIM. 201901B064

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lalu Muhammad Yoga Pratama
NIM : 201901B064
Tempat/Tgl Lahir : Kampung, 4 Maret 2002
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 081 805 679 761
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

"ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN DENGAN ALAT UJI
CTM DAN HAMMER TEST PADA VARIASI MUTU BETON"

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, Rabu, 6 Maret 2024
Penulis



Lalu Muhammad Yoga Pratama
NIM. 201901B064

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Y Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

MOTTO

SESUNGGUHNYA BERSAMA KESUKARAN ITU ADA KEMUDAHAN
(QS AL INSYIRAH 6)

YOU HAVE MANY FRIENDS BUT FEW WHO REALLY MEAN IT
(KING LEONIDAS I)

INTELLIGENCE PLUS CHARACTER – THAT IS THE GOAL OF TRUE
EDUCATION
(MARTIN LUTHER KING JR)

ORANG LAIN GA AKAN PAHAM STRUGGLE DAN MASA SULITNYA
KITA, YANG MEREKA INGIN TAHUHANYA SUCCES STORIESNYA AJA.
JADI BERJUANGLAH UNTUK KITA SENDIRI MESKIPUN GAK AKAN
ADA YANG TEPUK TANGAN. KELAK DIRI KITA DI MASA DEPAN AKAN
SANGAT BAHAGIA DENGAN APA YANG KITA PERJUANGKAN HARI INI
JADI TETAP BERJUANG YA

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Untuk Kedua Orang Tua tercinta yang telah berjuang setengah mati dibalik layar untuk seorang anak yang sedang berjuang dalam menyelesaikan pendidikan ini, saya mengucapkan permohonan maaf yang sebesar – besarnya dan ucapan terimakasih yang tak terhingga atas dukungan moral maupun materi, do'a, dan semangat sampai detik ini. Dengan ridho dan do'a serta dukunganmu sampai saat ini, sehingga membuat saya bisa menjadi lebih kuat dan pantang menyerah dalam menghadapi setiap permasalahan serta bisa menyelesaikannya.
2. Untuk Dosen Pembimbing Utama, Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.sc. (Eng). saya ucapkan terima kasih atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk saya selalu bisa berusaha lebih berkembang, saya juga ucapkan terima kasih atas kesabaran yang diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini.
3. Untuk Dosen Pembimbing Pendamping, Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. saya ucapkan terima kasih atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk selalu bisa berusaha lebih berkembang, saya juga ucapkan terima kasih atas kesabaran yang diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini.
4. Untuk Saudara/i dan Keluarga Civil Engineer angkatan 2019 saya ucapkan terima kasih atas dukungan kalian untuk saya dalam menjalani pendidikan. Keluh kesah kita rasakan bersama melewati setiap rintangan dalam menyelesaikan tugas-tugas kuliah menjadi kenangan indah dan pengalaman yang membekas, semoga teman-teman semua diberikan kesehatan dan sukses dimasa yang akan datang.
5. Terima kasih kepada Lale Hurun 'In Annisa, yang senantiasa berperan sebagai *support system* disetiap keadaan yang telah saya lalui serta dukungan dan

bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini, sehingga saya dapat menjalaninya dengan semangat

6. Untuk seluruh civitas akademik Fakultas Teknik dan pihak-pihak yang telah membantu yang tidak bisa satu persatu saya sebutkan, saya ucapkan terimakasih atas bantuannya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa Yang Maha Pengasih dan Penyayang karena berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul **“Analisa Perbandingan Kuat Tekan Dengan Alat Uji CTM dan Hammer Test Pada Variasi Mutu Beton”**. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan guna mencapai gelar kesarjanaan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan isi dari laporan penyusunan Skripsi ini. Semoga dengan adanya Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan secara moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Dr. Eng. Hariyadi, ST.,M.Sc (Eng) Sebagai dosen Pembimbing Utama yang dengan bijaksana selalu membimbing dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. Sebagai dosen Pembimbing Kedua yang dengan bijaksana selalu membimbing dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Orang Tua dan Saudara-saudara tercinta yang selalu memberi semangat serta motivasi untuk menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih atas semua doa dan bantuan yang tak terhingga. Semoga Allah selalu merahmati.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

Mataram, 10 Maret 2024

Lalu Muhammad Yoga Pratama



ABSTRAK

Beton adalah suatu elemen dalam konstruksi yang merupakan struktur sederhana yang dibentuk oleh campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar yang berupa batu pecah atau kerikil, serta bahan campuran lainnya. Pengujian beton di laboratorium umumnya digunakan uji kuat tekan (CTM) sebagai pengujian standar, namun pengujian dilapangan umumnya hanya menggunakan *hammer test*. Untuk itu perlu dilakukan perbandingan uji *hammer test* terhadap uji kuat tekan CTM untuk mengetahui efektivitas pengujian dengan *hammer test*. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton dengan menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) dan *Hammer Test*.

Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak masing-masing 6 (enam) buah sampel dengan kuat tekan rencana 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa dan 40 Mpa. Proses pengujian pada beton meliputi pembuatan benda uji mulai dari pembuatan campuran beton, pengujian *slump* dan pencetakan benda uji setelah itu baru dilakukan perawatan benda uji dengan melakukan perendaman benda uji selama 28 hari. Prosedur penelitian dilakukan dengan metode *non destruktif* dengan menggunakan alat uji *Hammer Test* dan diuji dengan metode *destruktif* menggunakan alat CTM.

Dari hasil penelitian menggunakan alat CTM pada benda uji silinder dengan kode benda uji, f'c 20, f'c 25, f'c 30, f'c 35, dan f'c 40 diperoleh kuat tekan masing – masing sebesar 20,33 Mpa, 25,67 Mpa, 30,76 Mpa, 35,35 Mpa dan 40,78 Mpa. Sedangkan pengujian dengan *Hammer test* mendapatkan hasil kuat tekan masing – masing sebesar 18.92 Mpa, 23.83 Mpa, 28.76 Mpa, 34.17 Mpa, dan 39.07 Mpa. Selisih kuat tekan terendah sebesar 1.18 Mpa pada mutu kuat tekan rencana 35 Mpa, sedangkan selisih kuat tekan tertinggi sebesar 2.00 Mpa pada mutu kuat tekan rencana 30 Mpa. Untuk selisih persentase terendah sebesar 3.34% pada mutu kuat tekan rencana 35 Mpa, sedangkan selisih persentase tertinggi sebesar 7.17% pada mutu kuat tekan rencana 25 Mpa. Untuk rata – rata selisih kuat tekan (Mpa) sebesar 1.63 Mpa dari kuat tekan rencana 20 Mpa sampai dengan 40 Mpa, Sedangkan untuk rata – rata selisih kuat tekan (Persentase) sebesar 5.63% dari kuat tekan rencana 20 Mpa sampai dengan 40 Mpa. Perbedaan hasil kuat tekan ini dikarenakan kestabilan dari benda uji tidak terjaga pada saat pengujian menggunakan alat *hammer test* dilakukan. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa nilai kuat tekan beton menggunakan alat CTM lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan alat *hammer test*.

Kata Kunci : Beton, Kuat Tekan, *Hammer Test* dan CTM

ABSTRACT

Concrete is a basic construction material that combines cement, water, fine aggregate, coarse aggregate (such as crushed stone or gravel), and other additives. Concrete testing in the laboratory often employs the compressive strength test (CTM) as a standard procedure, whereas field testing usually relies on the hammer test. To assess the efficacy of the hammer test, it is essential to compare it with the CTM compressive strength test. The study aims to compare concrete compressive strength utilizing CTM (Compression Testing Machine) and Hammer Test equipment. Cylinder-shaped test objects with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm about 6 (six) samples, each with a compressive strength plan of 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa, and 40 Mpa. The testing process on concrete includes making test specimens, starting with concrete mixtures, slump testing, and molding test specimens. After that, the test specimens are treated by soaking the test specimens for 28 days. The research procedure was carried out by non-destructive methods using the Hammer Test test tool and tested by destructive methods using the CTM tool. From the results of research using the CTM tool on cylindrical test specimens with test specimen codes, f'c 20, f'c 25, f'c 30, f'c 35, and f'c 40 obtained compressive strengths of 20.33 Mpa, 25.67 Mpa, 30.76 Mpa, 35.35 Mpa, and 40.78 Mpa, respectively. While testing with the Hammer test, compressive strength results of 18.92 Mpa, 23.83 Mpa, 28.76 Mpa, 34.17 Mpa, and 39.07 Mpa were obtained, respectively. The lowest compressive strength difference is 1.18 Mpa at the 35 Mpa plan compressive strength quality, while the highest compressive strength difference is 2.00 Mpa at the 30 Mpa plan compressive strength quality. For the lowest percentage difference of 3.34% in the quality of 35 Mpa plan compressive strength, the highest percentage difference was 7.17% in the 25 Mpa plan compressive strength. For the average difference in compressive strength (Mpa) of 1.63 Mpa from the compressive strength of the plan 20 Mpa to 40 Mpa, while the average difference in compressive strength (Percentage) of 5.63% from the compressive strength of the plan 20 Mpa to 40 Mpa. The difference in compressive strength results is due to the stability of the test object not being maintained when testing using a hammer test tool is carried out. This study concluded that the compressive strength value of concrete using the CTM tool was higher than that of the hammer test tool.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Hammer Test and CTM

MENGESAHKAN
SINIAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA

MATARAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
KEPALA
DPT PJB
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



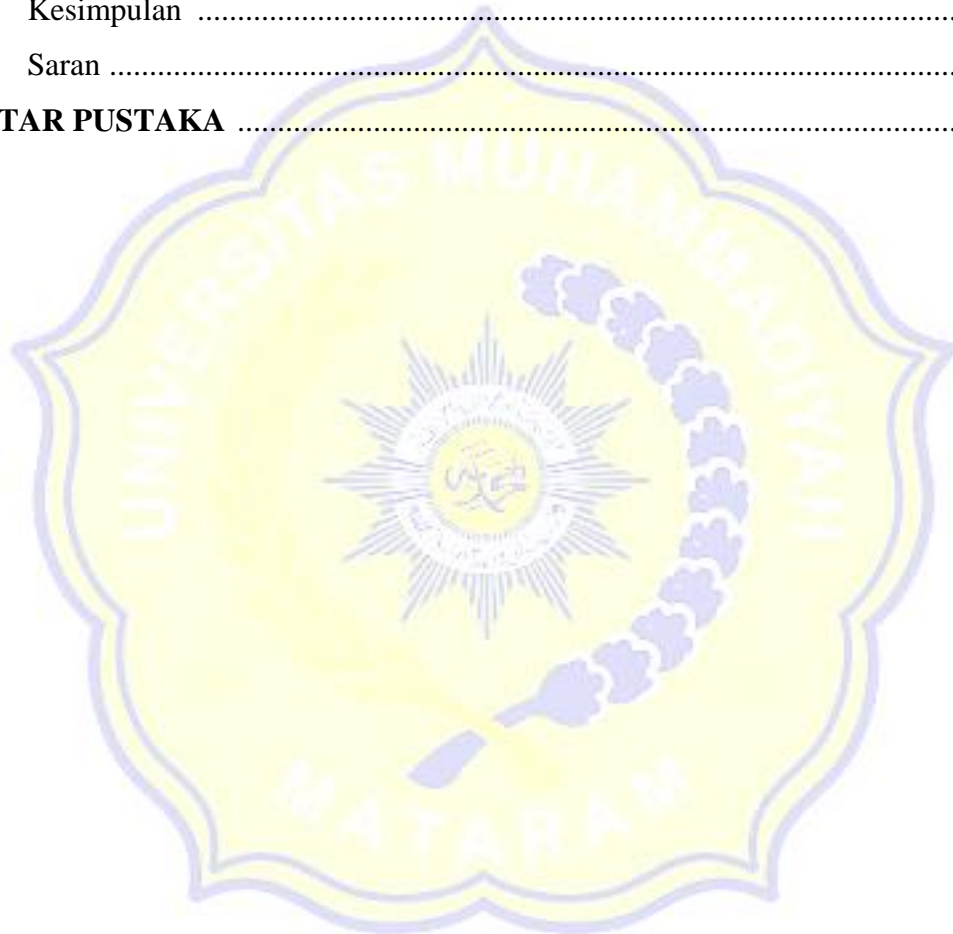
Humaira, M.Pd
NiDN. 0903048601

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTTO	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Pengertian Beton	6
2.1.2 Bahan Penyusun Beton	7
2.2 Landasan Teori	9

2.2.1 Kekuatan Beton	9
2.2.2 Metode Pengujian Beton	10
2.2.3 Analisa Pengujian Agregat	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Lokasi Penelitian	22
3.2 Persiapan Penelitian	22
3.2.1 Bahan	22
3.2.2 Peralatan	23
3.3 Pelaksanaan Penelitian	26
3.3.1 Persiapan	26
3.3.2 Pengujian Agregat Halus (Pasir)	27
3.3.3 Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)	29
3.4 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	32
3.5 Kebutuhan Benda Uji	33
3.6 Pembuatan Benda Uji	34
3.7 Perawatan Benda Uji	35
3.8 Pengujian Benda Uji	35
3.8.1 Uji Kuat Tekan	35
3.8.2 Uji Pantul dengan <i>Hammer Test</i>	35
3.9 Bagan Alir Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	38
4.1.1 Berat Satuan Agregat	38
4.1.2 Berat Jenis Agregat	40
4.1.3 Kandungan Lumpur Dalam Pasir	41
4.1.4 Gradasi Agregat Halus	41
4.1.5 Gradasi Agregat Kasar	42
4.2 Hasil Pengujian Beton	44
4.2.1 Nilai <i>Slump</i> Beton	44

4.2.2	Pemeriksaan Berat Volume Beton	46
4.2.3	Uji Kuat Tekan	48
4.2.3.1	Uji Kuat Tekan dengan Alat CTM (<i>Destruktif Test</i>)	48
4.2.3.2	Uji Kuat Tekan dengan Alat <i>Hammer Test</i> (<i>Non Destruktif Test</i>) .	51
4.2.4	Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		58



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Syarat Gradasi Agregat Kasar/Kerikil 7
Tabel 2.2	Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir 8
Tabel 3.1	Proporsi Campuran Beton Per 1 m ³ 33
Tabel 3.2	Jumlah Kebutuhan Benda Uji 33
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton 38
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Satuan Agregat 39
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat 40
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir 41
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus 42
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar 43
Tabel 4.7	Nilai <i>Slump</i> Beton 45
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton 47
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Alat CTM 49
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Alat <i>Hammer Test</i> 52
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Alat CTM dan <i>Hammer Test</i> 55

DAFTAR GAMBAR

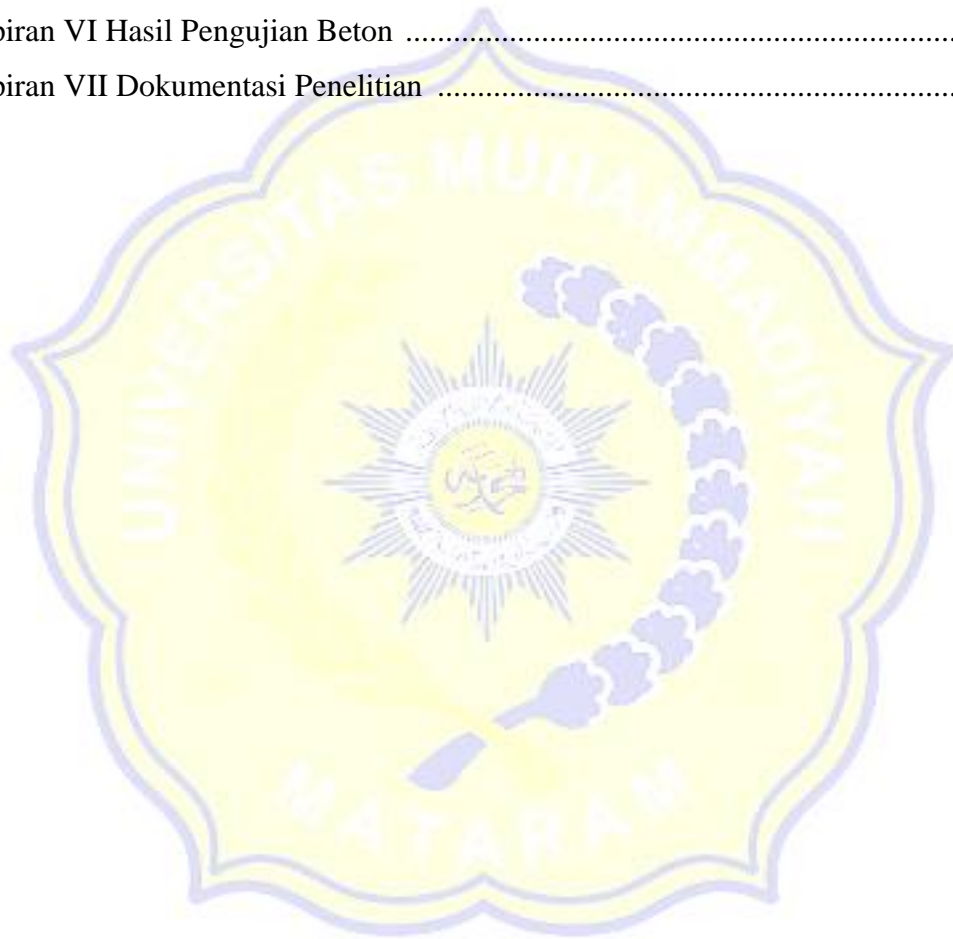
	Halaman
Gambar 2.1 Prinsip Kerja Alat <i>Concrete Hammer</i>	13
Gambar 2.2 Hubungan Empirik dari Nilai <i>Hammer Rebound</i> dengan Kuat Tekan ..	15
Gambar 2.3 Arah A (0 derajat)	15
Gambar 2.4 Arah B (-90 derajat)	16
Gambar 2.5 Arah C (90 derajat).....	16
Gambar 3.1 Semen	22
Gambar 3.2 Agregat Kasar (Kerikil/Batu Pecah)	22
Gambar 3.3 Agregat Halus (Pasir)	23
Gambar 3.4 Air	23
Gambar 3.5 Timbangan	24
Gambar 3.6 Ayakan	24
Gambar 3.7 Piknometer	24
Gambar 3.8 Oven	24
Gambar 3.9 Cetakan Kerucut <i>Abrams</i>	25
Gambar 3.10 Stopwatch	25
Gambar 3.11 Silinder Beton	25
Gambar 3.12 Jangka Sorong	25
Gambar 3.13 Alat CTM	26
Gambar 3.14 Alat <i>Hammer Test</i>	26
Gambar 3.15 Bak Air	26
Gambar 3.16 Benda Uji Silinder	34
Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Pasir	42
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Kerikil	43
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian <i>Slump</i>	46
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Alat CTM	50

Gambar 4.5	Pengujian Kuat Tekan dengan Alat CTM	51
Gambar 4.6	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Alat <i>Hammer Test</i>	52
Gambar 4.7	Pengujian Kuat Tekan dengan Alat <i>Hammer Test</i>	53
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Lembar Asistensi.....	60
Lampiran II Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton.....	68
Lampiran III Mix Design Beton	76
Lampiran IV Pengujian <i>Slump</i> Beton	97
Lampiran V Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton	100
Lampiran VI Hasil Pengujian Beton	102
Lampiran VII Dokumentasi Penelitian	116



DAFTAR NOTASI



$f'c$	=	Kuat tekan maksimum (N/mm ² atau MPa)
P	=	Beban maksimum (N)
A	=	Luas bidang tekan (mm ²)
SS	=	<i>Sieved Stability</i>
W_{ps}	=	Berat Wadah Berisi Hasil Ayakan
W_p	=	Berat Wadah
W_c	=	Berat Campuran Beton yang dituang keatas Ayakan
CTM	=	<i>Compression Testing Machine</i>
DT	=	<i>Destruktif Test</i>
NDT	=	<i>Non Destruktif Test</i>
SSD	=	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh
B_j	=	Berat benda uji kering permukaan jenuh
B_a	=	Berat benda uji didalam air
B_k	=	Berat benda uji kering oven
a	=	Berat benda uji semula
b	=	Berat benda uji tertahan saringan no.12
M_{hb}	=	Modulus halus butir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cara dari beton dibentuk ialah menggunakan campuran agregat halus maupun kasar, semen serta air yang memiliki perbandingan yang telah ditentukan. Beton ialah bahan konstruksi yang salah satu banyak digunakan dari sekian macam bahan konstruksi yang ada dalam pekerjaan struktur di Negara Indonesia. Dimulai dari rumah, pondasi, bendungan, tiang listrik, jembatan, tiang pancang, gedung yang bertingkat dan yang lain sebagainya. Hal itu memperlihatkan kalau beton ialah material bangunan yang begitu sering dipakai pada zaman modern ini (Sumajouw dkk, 2018).

Selaras dengan jalannya pertumbuhan penduduk serta perkembangan teknologi. Keinginan dari masyarakat didalam pemakaian beton sebagai salah satu struktur utama dalam sebuah bangunan mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal itu memperlihatkan kalau beton sudah jadi bagian komponen yang sangat utama dalam lingkungan pembangunan. Didalam pemakaian beton sebagai bahan penting dalam sebuah konstruksi, proses pengerjaannya pun mesti memfokuskan terhadap kualitas sejalan dengan perencanaan, jadi butuh untuk mengendalikan kualitas atau mutu beton yang digunakan. Mengendalikan mutu beton dibutuhkan untuk jadi indikator yang memerhatikan apakah ada mutu yang telah terpenuhi ataupun tidak terpenuhi. Terpenuhi ataupun tidaknya mutu dari beton akan berpengaruh pada kualitas sebuah bangunan yang diciptakan (Aribawa dkk, 2019)

Didalam struktur dari bangunan yang sudah selesai dikerjakan, baik itu bangunan yang usianya baru ataupun yang telah lama, data-data yang spesifik terkait mutu beton dalam sebuah bangunan cukup sukar untuk diperoleh. Dalam konteks itu, diperlukan adanya sebuah alat yang mampu representative guna menguji dari segi mutu tingkat kekuatan sebuah bangunan yang telah selesai dibangun. Jadi perlunya ada suatu kajian yang lebih mendalam agar tahu tingkat kekuatan dari beton tersebut (Sumajouw dkk, 2018). Dari segi umum, pengujian kekuatan beton dibagi jadi 2

kategori yakni; pengujian yang dikerjakan dengan cara diberi beban/diberi tekanan hingga benda yang diuji itu rusak atau hancur, dari pengujian ini bisa didapatkan informasi terkait daya tahan serta sifat mekanik bahan *destrutif test* alat yang dipakai dalam metode ini ialah *CTM (Compression Testing Machine)*. Dalam bangunan yang telah jadi pengujian yang sifatnya *destruktif* tak mungkin dilakukan sebab bisa membuat rusak struktur dan dapat menciptakan kerugian. Oleh sebab itu, pengujian daya tahan ataupun kekuatan dari beton dalam suatu bangunan ataupun struktur eksisting dikerjakan dengan memakai metode *non destruktif test*. Alat yang sering digunakan salah satunya ialah *hammet test*. *Hammer test* ialah sebuah alat pemeriksaan mutu beton tanpa membuat rusak beton. Metode pengujian ini dikerjakan dengan cara memberi beban tumbukan (*impact*) terhadap beton (Ichsan dkk, 2021).

Berdasarkan paragraf di atas, maka dalam penelitian ini pengujian dengan cara *destruktif* dan *non destruktif* dipakai guna mengevaluasi perbandingan peningkatan kekuatan beton dengan variasi mutu beton 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa dan 40 Mpa. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah cara pengerjaannya, yang termasuk dalam cara pengerjaan ini adalah cara pematatannya. Dari beberapa peneliti sebelumnya didapatkan korelasi yang baik antara hasil uji kuat tekan beton dengan pengujian nilai pantul (*hammer test*), dengan melakukan uji *hammer test* pada beton merupakan sebuah alternatif sebagai indikator untuk menilai mutu beton itu sendiri. Pada kondisi real yang terjadi di lapangan, *hammer test* dipakai dalam menetapkan apakah benda uji mempunyai kualitas yang seragam ataupun presisi, disamping itu pengujian *hammer test* ialah metode yang paling murah, simpel serta tergolong gampang untuk dilakukan guna tahu terkait keseragaman mutu suatu beton. Diharapkan dalam penelitian ini, metode pengujian dengan memakai alat *CTM (Compression Testing Machine)* serta *hammer test* mampu memperoleh hasil yang maksimal sejalan dengan perencanaan mutu beton yang sudah ditetapkan, disamping itu juga bisa memberikan informasi mengenai cara pembuatan dan pengujian terhadap beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka didapatkan beberapa masalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton dengan variasi mutu beton 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa dan 40 Mpa pada umur beton 28 hari hasil uji CTM dan *hammer test*.
2. Berapa nilai pantul dan selisih nilai kuat tekan beton dengan variasi mutu beton 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa dan 40 Mpa pada umur 28 hari dari hasil uji CTM dan *hammer test*.
3. Berapa perbandingan nilai kuat tekan dengan menggunakan alat uji CTM (*Compression Testing Machine*) dan alat *hammer test*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dari hasil uji menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) dan *Hammer test*.
2. Untuk Mengetahui selisih nilai kuat tekan dengan hasil uji menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) dan *Hammer test*.
3. Menentukan kuat tekan beton dan selisih besar antara hasil uji CTM (*Compression Testing Machine*) dan *hammer test*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain:

1. Memberikan informasi tentang perbandingan uji kuat tekan menggunakan *hammer test* dan CTM (*Compression Testing Machine*).
2. Menambah ilmu pengetahuan, serta mendapatkan gambaran khususnya mengenai bahan material konstruksi beton.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Umur pengujian beton normal yang digunakan adalah 28 hari.

2. Variasi mutu beton yang digunakan yaitu 20 Mpa, 25 Mpa, 30 Mpa, 35 Mpa dan 40 Mpa.
3. Kuat tekan hasil *hammer test* akan dievaluasi berdasarkan peraturan yang ada
4. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beton ialah bahan dari pencampuran antar semen, agregat halus maupun kasar, serta air. Pencampuran berbagai macam bahan yang membentuk beton mesti ditetapkan sebegitu rupa, jadi dapat membuat beton basah yang gampang dibentuk, melengkapinya kekuatan tekan rencana sesudah mengeras serta cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1).

Kelebihan dari beton ialah mampu dapat dengan gampang dibuat sejalan dengan keperluan dari konstruksi, dapat menopang beban yang tergolong berat, tahan akan temperatur yang tinggi, biaya dari pemeliharaannya yang tergolong sedikit, serta tahan pada air asin. Selain dari kelebihan tersebut, beton juga mempunyai kekurangan seperti bentuknya yang sudah dibuat sukar untuk diubah, pelaksanaan dari pengerjaannya memerlukan kecermatan yang besar, mempunyai beban yang berat dan daya memantulkan suara yang tergolong besar.

Anggareni dkk (2013), Studi korelasi hasil pengukuran kekuatan beton (menggunakan uji tekan) dan pengukuran non destruktif (menggunakan *hammer test* dan uji UPV), menunjukkan hasil: (1) Terdapat korelasi yang baik antara hasil uji tekan beton, *hammer test* dan uji UPV. (2) *Hammer test* adalah metode termurah, paling sederhana dan mudah untuk dilakukan. (3) Tes UPV sangat baik untuk mengetahui keseragaman mutu beton. (4) Selisih Perkiraan kekuatan beton antara uji UPV dan uji tekan kurang lebih 20%.

Sumajouw dkk (2018), Kestabilan atau kekakuan dari benda uji mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian menggunakan *hammer test*. Ratarata nilai kuat tekan pada benda uji kubus memberikan hasil yang relatif sama, dengan presentase selisih maksimum sebesar 13.60%. Faktor utama yang mempengaruhi pembacaan *rebound* pada *hammer test* adalah kekerasan permukaan benda uji, namun kekerasan permukaan tidak identik dengan kuat tekan keseluruhan benda uji (Ichsan dkk, 2021).

Darmawan dkk (2016), Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pernyataan bahwa *hammer test* bukanlah sebuah metode alternative untuk menguji kuat tekan beton, melainkan sebagai indikator penilaian mutu beton (SNI 03-4430-1997) adalah benar. Pada kenyataan dilapangan, *hammer test* menentukan apakah kualitas benda uji memiliki mutu yang seragam atau akurat. Jika ditemukan ketidaksesuaian nilai *rebound number* pada *hammer test* maka diambil sampel core dari spesimen untuk uji laboratorium untuk kalayakannya serta diuji mutu kuat tekannya.

2.1.1 Pengertian Beton

Beton ialah sebuah material yang tersusun dari pencampuran semen, agregat kasar maupun halus, air serta bahan tambahan (*admixture*) jika dibutuhkan. Beton yang mengeras bisa juga disebut sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongganya antara butiran yang besar (agregat kasar ataupun batu pecah), serta diisi oleh batuan kecil (agregat halus ataupun pasir), serta semen atau air (pasta semen) diisi ke dalam rongga di antara agregat halus. Semen juga bertindak sebagai perekat atau pengikat selama proses pengerasan, hingga butiran-butiran dari agregat dapat saling menempel dengan kuat dan membentuk kesatuan yang padat serta tahan lama.

Beton siap pakai yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, bisa dipadatkan, tak ada kecondongan untuk memisahkan kerikil dari campurannya atau untuk memisahkan air dan semen dari campurannya. Beton keras yang baik adalah beton yang berkualitas kuat, tahan dalam waktu lama, kedap terhadap air, tahan aus serta mempunyai susut yang relatif rendah.

Bahan untuk menyusun beton mencakup air, semen portland, agregat kasar ataupun halus dan juga bahan tambah, di mana pada tiap bahan untuk menyusunnya memiliki fungsi serta kegunaan yang masing-masingnya berbeda. Sifat yang terpenting di dalam beton ialah kuat pada tekanan, jika kuat tekanannya tinggi maka sifat-sifatnya yang lain secara umum akan baik juga.

2.1.2 Bahan Penyusun Beton

a. Agregat

Mengingat jika agregat bertempat pada 70%-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kualitas beton. Agregat yang berkualitas baik dan dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durability*) dan murah.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar bisa berbentuk kerikil yang terbentuk akibat disintegrasi alami batuan, ataupun berbentuk batu pecah yang dihasilkan ketika penghancuran batu. Pengujian yang dikerjakan pada kerikil mencakup berat satuan, kadar dari air, berat jenis SSD, penyerapan air, kadar lumpur, ketahanan terhadap abrasi, maupun faktor modulus kehalusan (FM). Kerikil ialah agregat kasar yang memiliki ukuran diameter 5 mm sampai dengan 40 mm.

Untuk tahu karakteristik dari agregat bisa dikerjakan dengan melakukan pengujian yang terstandar (analisis saringan, air resapan, berat jenis, berat volumetrik, kadar air, serta kemurnian agregat dalam lumpur). Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini ialah agregat kasar yang berasal dari kerikil.

Tabel 2. 1 Syarat Gradasi Agregat Kasar/Kerikil

Persen butir yang lolos ayakan		
Lubang ayakan (mm)	Besar butir maksimal 40 (mm)	Besar butir maksimal 20 (mm)
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35.	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Tjokrodinuljo, 1996

2. Agregat Halus

Agregat halus ialah agregat yang seluruh dari partikelnya dapat tembus dalam saringan 4,8 mm. Pengujian yang dilakukan pada pasir meliputi berat satuan, kadar dari air, berat jenis SSD, daya serap air, kadar lumpur, serta factor ukuran partikel pasir (FM), biasanya koefisien ukuran partikel pasir untuk membuat beton ada pada kisaran antara 1,5–3,8 (Mulyono, 2005).

Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir

Persen berat tembus kumulatif				
Lubang ayakan (mm)	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-100	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Tjokrodinuljo, 1996

b. Binder

Binder ialah bahan yang digunakan sebagai bahan pengikat pada saat mencampur beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi (*filler*), jika menggunakan *filler*. Salah satu dari jenis bahan pengikat adalah semen portland. Semen portland mempunyai beberapa senyawa kimia yang setiap masing-masingnya mempunyai sifatnya tersendiri.

c. Air

Semen tak mampu menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada dalam campuran beton, tidak hanya untuk menghidrasi semen namun juga untuk mengubah itu menjadi bubur sehingga membuat beton bisa dikerjakan (*workable*). Untuk menggunakan campuran beton, air yang digunakan harus

memenuhi beberapa persyaratan yang telah ditentukan, yang terpenting adalah adanya Batasan internal, yaitu:

1. Air yang digunakan saat membuat beton mesti tidak kotor, jangan ada kandungan minyak, zat organik, asam alkali, garam, ataupun bahan yang lainnya yang mampu menjadikan beton rusak serta baja tulangan.
2. Kandungan klorida (Cl) tidak boleh melebihi 500 mg perliter air.
3. Air tawar yang tak bisa dikonsumsi tak dapat digunakan dalam membuat beton.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kekuatan Beton

Kuat tekan ialah salah satu sifat utama pada beton. Kuat tekan ialah kemampuan pada beton untuk bisa menyerap gaya per satuan luas (*Tri Mulyono, 2004*). Nilai kuat tekan beton bisa didapat dengan mengerjakan uji kuat tekan dengan memberikan gaya tekan sampai dengan beban maksimum pada benda uji berbentuk silinder maupun kubik yang berumur 28 hari. Beban maksimum itu didapatkan dari hasil menguji memakai alat *CTM (Compression Testing Machine)* Kuat tekan maksimum ($f'c$) diberikan oleh Persamaan (2.1) berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

- $f'c$ = Kuat tekan maksimum (N/mm² atau Mpa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas bidang tekan (mm²)

Ada faktor-faktor yang bisa berpengaruh terhadap mutu dari kekuatan beton, yakni:

a. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen ialah perbandingan antar jumlah air pada jumlah semen dalam suatu percampuran beton. Fungsi FAS, yakni:

1. Agar dapat memungkinkan reaksi kimia yang bisa jadi sebab pengikat serta berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).
3. Nilai FAS yang semakin tinggi, berakibat pada tuurnya nilai kualitas kekuatan beton. Tetapi nilai FAS yang semakin kecil tak senantiasa bermakna kalau kekuatan beton akan semakin tinggi atau naik. Pada biasanya, nilai FAS yang diberi minimal 0,4 serta maksimal 0,65.

b. Sifat Agregat

Sifat-sifat dari agregat begitu memiliki pengaruh terhadap mutu dari campuran beton. Adapun bermacam sifat dari agregat yang memerlukan perhatian lebih ialah semisal, serapanair, kadar air agregat, gradasi agregat, berat jenis, kekekalan agregat, modulus halus butir, kekasaran maupun kekerasan agregat.

c. Proporsi Semen dan Jenis Semen yang Digunakan

Sehubungan dengan perbandingan dari jumlah semen yang dipakai saat membuat *mix design* serta jenis semen yang digunakan tergantung pada tujuan beton yang nantinya akan dibentuk. Penentuan jenis semen yang dipakai memiliki acuan terhadap tempat di mana struktur bangunan yang memakai material beton itu diciptakan, lalu pada keperluan perancangan apakah di saat proses pengecoran memerlukan kekuatan awal yang besar atau hanya normal.

d. Bahan Tambah

Bahan tambah (*additive*) ditambah selama pencampuran. Bahan tambah (*additive*) lebih umum digunakan dalam proses menyemen (*cementitious*), dan dipakai untuk meningkatkan kinerja.

2.2.2 Metode Pengujian Beton

Metode untuk menguji sifat mekanik beton dapat dilakukan dengan cara *destruktif* dan *non destruktif*.

a. Uji Merusak (*Destruktif Test*)

Destruktif test (DT) ialah pengujian yang bersifat merusak kepada benda uji, sampel diberi tekanan hingga pecah, dari situ bisa diperoleh data dari kekuatan

tekan beton maupun sifat mekaniknya. Alat-alat pengujian yang bisa dipakai dalam metode ini ialah memakai mesin uji *CTM (Compression Testing Machine)*. Alat ini dipakai agar tahu kuat tekan serta modulus elastisitas pada beton. Kuat tekan maksimum (f'_c) diberikan oleh persamaan (2.2) berikut :

$$f'_c = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

- f'_c = Kuat tekan maksimum (N/mm² atau Mpa)
- P = Beban maksimum (N)
- A = Luas bidang tekan (mm²)

b. Uji Tak Merusak (*Non Destructif Test*)

Non destruktif test (NDT) ialah pengujian yang dikerjakan dengan cara tidak membuat kerusakan pada benda uji, pengerjaannya bisa diterapkan langsung di lapangan, hasilnya ialah data kekuatan beton yang sifatnya masih perkiraan. Terkait beberapa jenis alat-alat untuk menguji yang bisa dipakai dalam metode ini, diantaranya ialah pengujian menggunakan *hammer test*.

• *Hammer Test*

Hammer test yaitu suatu alat untuk memeriksa mutu beton tanpa merusak beton itu sendiri. Metode pengujian *Hammer Test* dilakukan dengan menambahkan beban tumbukan (*intact*) pada permukaan beton dengan menggunakan massa tertentu yang diaktifkan dengan *energy* konstan. Alat ini sangat berguna dalam menentukan keseragaman material beton. Pengujian dengan alat ini sangat cepat karena kesederhanaannya dan mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Alat ini sensitif terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, seperti adanya partikel batu pada bagian - bagian tertentu sekitar permukaan. Penerapan *Hammer Test* berdasarkan Metode pengujian tanpa merusak ini, yang dikenal sebagai Uji Angka Pantul

Beton Keras sesuai Standar Nasional Indonesia SNI ASTM C805:2012, memiliki arti:

1. Penilaian keseragaman beton

Uji ini dapat digunakan untuk menilai keseragaman beton dilapangan. Dengan mengukur angka pantul beton dari berbagai area, dapat diketahui apakah terdapat perbedaan signifikan dalam kekuatan dan kepadatan beton.

2. Perkiraan kekuatan beton

Hasil uji angka pantul dapat digunakan untuk memperkirakan kekuatan tekan beton.

3. Evaluasi Campuran beton dan kedalaman karbonasi.

4. Perbandingan hasil pengujian, menggunakan palu pantul yang sama agar hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan akurat.

5. Keterbatasan sebagai kriteria penerimaan atau penolakan beton, metode pengujian ini tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya kriteria untuk menerima atau menolak beton. Hal ini disebabkan oleh ketidakpastian yang terdapat dalam perkiraan kekuatan beton yang dihasilkan dari metode ini.

Concrete Hammer atau alat uji beton hammer, menggunakan prinsip pemberian beban tumbukan pada permukaan beton untuk memprediksi kekuatan tekannya. Alat ini bekerja dengan cara :

1. Memberikan beban tumbukan; sebuah massa di dalam alat diaktifkan dengan energi konstan, menghasilkan tumbukan pada permukaan beton.

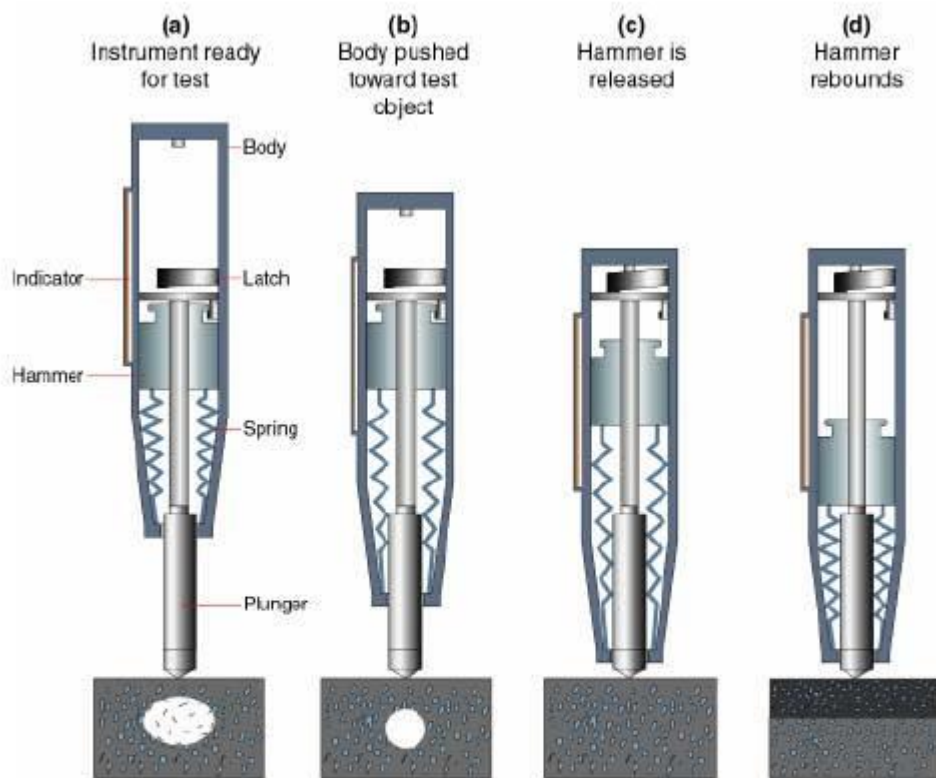
2. Pengukuran pantulan massa; tumbukan tersebut menyebabkan massa terpental kembali. Jarak pantulan massa diukur dan dianalisis.

3. Indikasi kekerasan permukaan beton; jarak pantulan massa memberikan indikasi kekerasan permukaan beton. Semakin keras permukaan beton, semakin tinggi pantulan massanya.

4. Estimasi kekuatan tekan beton; kekerasan permukaan beton yang diukur kemudian dihubungkan dengan kekuatan tekan beton.

Gambar 2.1 berikut mengilustrasikan prinsip kerja *Concrete Hammer* atau *Schmidt Hammer*:

Gambar 2.3 Prinsip Kerja Alat *Concrete Hammer*



PRINSIP KERJA CONCRETE HAMMER (PALU BETON) - SCHMIDT REBOUND HAMMER

Sumber: CE 165. Concrete material & Concrete Construction

Cara Penggunaan alat *Hammer Test* :

1. Alat *schmidt hammer* dipegang dengan kuat dan tegap.
2. Posisi palu tegak lurus dengan permukaan media yang akan diuji.
3. Tekan alat secara perlahan menghadap ke arah permukaan benda uji sampai palu menumbuk hulu palu.

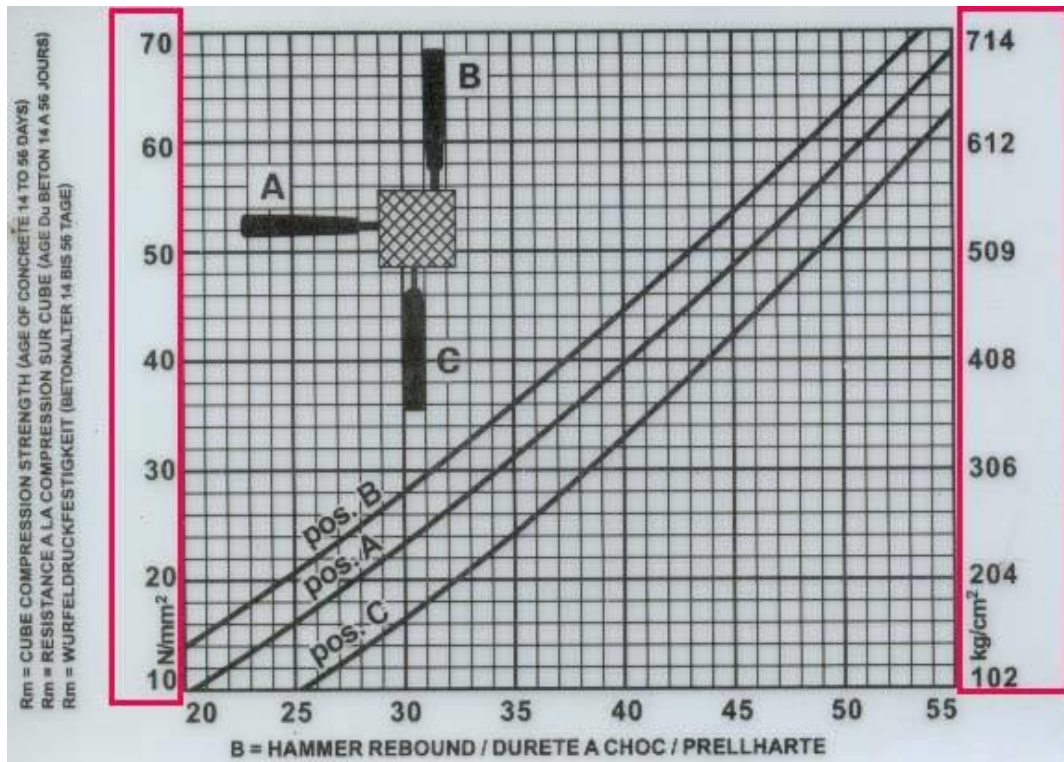
4. Setelah menumbuk, tahan tekanan dan jika perlu kunci hulu pada posisinya, dengan cara menekan tombol pada bagian sisi.
5. Lihat angka hasil pengujian yang tertera di alat dan catat.
6. Lakukan 10 titik bacaan pada setiap daerah pengujian dengan jarak masing-masing titik bacaan tidak boleh lebih kecil dari 25 mm.
7. Selalu cek permukaan media pengujian, jika benturan palu menghancurkan beton, sebab adanya rongga udara didalamnya maka batalkan. Lakukan pengujian pada titik bacaan yang lainnya.

Yang harus diperhatikan pada saat pengujian yaitu:

- Karena alat ini hanya membaca kekerasan beton pada lapisan permukaan (+4 cm), sehingga untuk elemen struktur dengan dimensi yang besar, *concrete hammer* hanya menjadi indikasi awal bagi mutu dan keragaman mutu.
 - Sebelum memulai pengujian, permukaan beton yang akan diuji harus dibersihkan dan diratakan dengan batu penggosok karena alat ini peka terhadap variasi yang ada di permukaan beton.
- . Sistem kerja alat ini adalah untuk mengukur besarnya pantulan dari massa baja keras yang ditembakkan pada permukaan beton dengan melakukan pengambilan beberapa kali pengukuran pada setiap lokasi pengukuran. Selanjutnya hasil pembacaan jarak pantulan massa baja keras yang menunjukkan kekerasan beton dikonversikan dengan grafik standar *Schmidt hammer* dan akan diperoleh kuat tekan beton.

Hubungan Empirik dari Nilai *Hammer Rebound* dengan kuat tekan seperti ditunjukkan pada grafik berikut :

Gambar 2.2 Hubungan Empirik dari Nilai *Hammer Rebound* dengan Kuat Tekan



Pada grafik diatas terlihat beberapa hubungan korelasi antara Nilai *Hammer Rebound*, yang tergantung dari arah beban *impact* ke struktur beton, A, B atau C. Berikut adalah beberapa dokumentasi aplikasi uji Schmidt Hammer dengan beberapa arah *impact hammer* ke beton.

1. Arah A (0 derajat)



Gambar 2.3 Arah A (0 derajat)

2. Arah B (-90 derajat)



Gambar 2.3 Arah B (-90 derajat)

3. Arah C (90 derajat)



Gambar 2.4 Arah C (90 derajat)

Kuat tekan maksimum diberikan oleh persamaan (2.3) berikut :

$$(Q / FK) * 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

Q = Pembacaan alat *hammer test*

FK = Faktor koreksi alat

2.2.3 Analisa Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

a. Analisa Pengujian Agregat Halus (Pasir)

- Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Kadar air ialah perbandingan antar berat air yang terkandung di dalam agregat dengan berat agregat kering yang diterangkan dengan persentase (%). Terkait syarat kadar air di dalam pengujian kadar air untuk agregat halus ialah 3%--5%.

Pemeriksaan kadar air ini bisa dihitung menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

- w = Kadar air
- W1 = Berat basah pasir
- W2 = Berat kering pasir

- Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Tanah liat serta lumpur biasanya ada di dalam agregat, kemungkinan bentuknya ialah gumpalan ataupun lapisan yang menutup lapisan dari butiran agregat. Tanah liat serta lumpur pada permukaan butiran agregat bisa memperkecil kekuatan ikatan antar pasta semen serta agregat hingga bisa membuat kekuatan dan ketahanan beton berkurang. Permeriksaan kadar lumpur ini dihitung memakai persamaan (2.5) yakni:

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :

- A = Berat pasir kering berlumpur
- B = Berat pasir kering yang sudah dibersihkan dari lumpur

- Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk bisa menentukan pembagian butiran dari agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari hasil analisis gradasi akan diperoleh nilai modulus halus butir (Mhb) yakni sebuah indeks yang dipakai guna membuat ukuran dari kehalusan ataupun kekasaran butir-butir agregat. Pemeriksaan gradasi agregat halus ini dapat dihitung dengan persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$\text{Modulus halus butir (Mhb)} = \frac{\text{Berat tetahan komulatif}}{100} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini bertujuan guna dapat menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat halus dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis (bulk)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Berat jenis (apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_a = Berat benda uji di dalam air

B_k = Berat benda uji kering oven

- Berat Satuan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan berat satuan meliputi berat satuan agregat dalam kondisi lepas dan padat. Berat satuan agregat halus ini dihitung dengan persamaan (2.11) dan (2.12) sebagai berikut:

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan:

- W1 = Berat bejana
- W2 = Berat bejana + berat agregat
- W3 = Berat agregat
- V = Volume bejana

b. Analisa Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

- Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil)

Yang dimaksud dengan kadar air ialah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat kering yang dinyatakan dengan persentase (%). Pemeriksaan kadar air ini dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan :

- w = Kadar air
- W1 = Berat basah kerikil/batu pecah
- W2 = Berat kering kerikil/batu pecah

- Kadar Lumpur Agregat Kasar (Kerikil)

Lumpur maupun tanah liat biasanya ada didalam agregat, kemungkinan bentuknya suatu gumpalan ataupun lapisan yang menutupi lapisan butiran dari agregat. Lumpur serta tanah liat di permukaan butiran agregat kasar dapat membuat kekuatan ikatan berkurang antar pasta semen dengan agregat kasar jadi bisa membuat kekuatan serta ketahanan dari beton berkurang. Permeriksaan dari kadar lumpur ini cara menghitungnya dengan memakai persamaan yakni:

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan :

A = Berat kerikil/batu pecah kering berlumpur

B = Berat kerikil/batu pecah kering yang sudah dibersihkan dari lumpur

- Gradasi Agregat Kasar (Kerikil)

Terkait pemeriksaan ini yang dimaksudkan agar dapat menentukan pembagian butiran dari agregat Kasar dengan menggunakan saringan. Dari hasil analisis gradasi akan diperoleh nilai modulus halus butir (Mhb) yakni sebuah indeks yang digunakan guna membuat ukuran tentang kehalusan ataupun kekasaran dari butir-butir agregat. Pemeriksaan gradasi agregat kasar ini dapat dihitung dengan persamaan (2.15) sebagai berikut:

$$\text{Modulus halus butir (Mhb)} = \frac{\text{Berat tetahan kumulatif}}{100} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan ini dimaksudkan guna untuk membuat penentuan terkait berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat kasar dengan persamaan yaitu:

$$\text{Berat jenis (bulk)} = \dots \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \dots \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{Berat jenis (apparent)} = \dots \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan :

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_a = Berat benda uji di dalam air

B_k = Berat benda uji kering oven

- Berat Satuan Agregat Kasar (Kerikil)

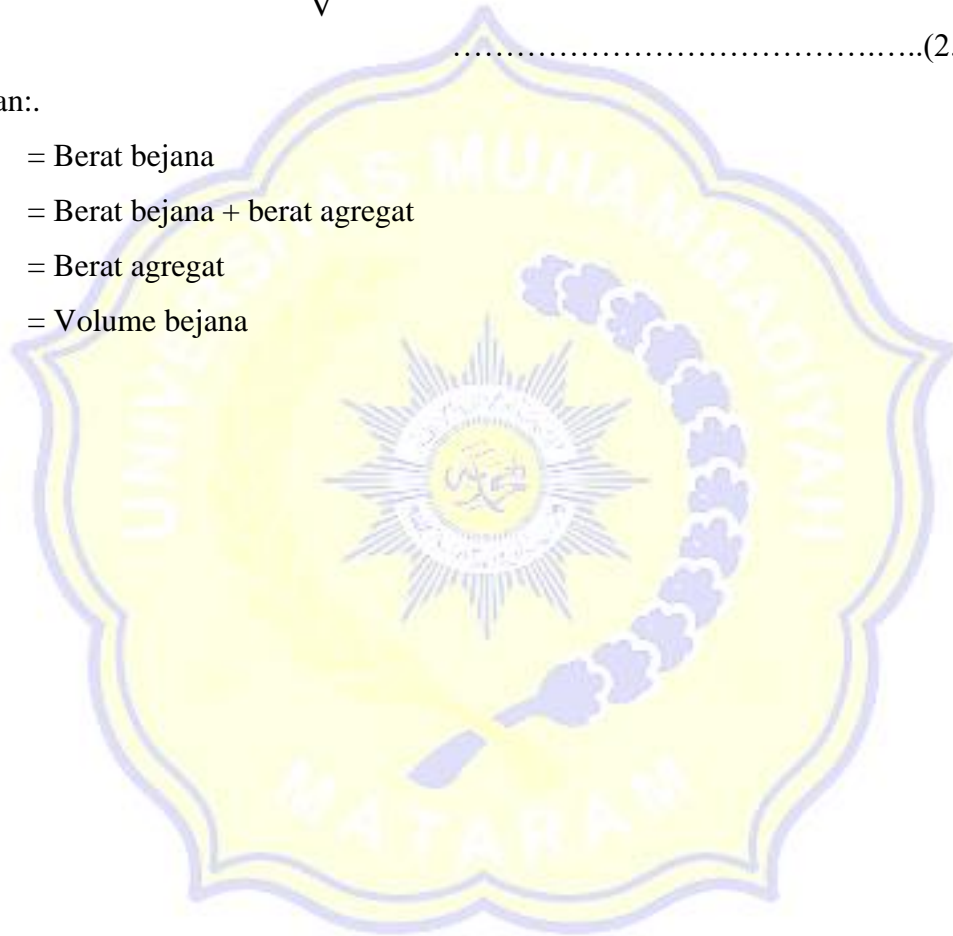
Pemeriksaan berat satuan meliputi berat satuan agregat kasar dalam kondisi lepas dan padat. Berat satuan agregat kasar ini dihitung dengan persamaan(2.20) dan (2.21) sebagai berikut:

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(2.21)$$

dengan:.

- W1 = Berat bejana
- W2 = Berat bejana + berat agregat
- W3 = Berat agregat
- V = Volume bejana



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang UPT Peralatan dan Pengujian Lombok Tengah.

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Semen



Gambar 3.1 Semen

Semen yang dipakai ialah semen *Portland* merk dagang Tiga Roda dengan kemasan kantong 50 kg. Semen yang dipakai dalam keadaan tertutup, kemasannya tak rusak, bahan butiran halus tidak terjadi gumpalan yang dapat dilihat secara visual.

b. Agregat Kasar (Kerikil/Batu Pecah)



Gambar 3.2 Agregat Kasar (Kerikil/Batu Pecah)

Didalam penelitian ini kerikil yang dipakai berasal dari Gebong, Tanak Beak, Kecamatan narmada, Lombok Barat. Sebelum dipakai kerikil terlebih dulu

dicuci agar kadar lumpur yang menempel di sekitar kerikil jadi hilang, lalu kerikil itu dikeringkan agar mendapat kerikil dengan kondisi jenuh kering muka.

c. Agregat Halus (Pasir)



Gambar 3.3 Agregat Halus (Pasir)

Pasir adalah butiran mineral alami yang berfungsi bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pasir yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% karena lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen. Dalam penelitian ini pasir yang digunakan berasal dari Gebong, Tanak Beak, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat.

d. Air



Gambar 3.4 Air

Air yang digunakan adalah air bersih dari jaringan air yang di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Pengujian terhadap air tidak dilakukan karena secara visual air tersebut cukup bersih untuk digunakan sebagai material penyusun beton.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Timbangan untuk menimbang berat bahan dan benda uji



Gambar 3.5 Timbangan

b. Ayakan untuk menguji gradasi



Gambar 3.6 Ayakan

c. Piknometer untuk menguji berat jenis pasir



Gambar 3.7 Piknometer

d. Oven untuk mengeringkan material benda uji



Gambar 3.8 Oven

e. Cetakan kerucut *Abrams* untuk pengujian *slump* beton



Gambar 3.9 Cetakan Kerucut *Abrams*

f. Stopwatch



Gambar 3.10 Stopwatch

g. Cetakan silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk mencetak benda uji.



Gambar 3.11 Silinder Beton

h. Mistar dan jangka sorong untuk mengukur diameter benda uji



Gambar 3.12 Jangka Sorong

- i. Mesin *CTM* untuk melakukan pengujian kuat tekan



Gambar 3.13 Alat *CTM*

- j. Satu set alat *hammer* untuk menguji kuat pantul



Gambar 3.14 Alat *Hammer Test*

- k. Bak air untuk merendam benda uji selama perawatan



Gambar 3.15 Bak Air

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Persiapan

Pada tahap persiapan ini meliputi kegiatan mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Air yang dipakai adalah air bersih dari PDAM.

3.3.2 Pengujian Agregat Halus (Pasir)

a. Pemeriksaan Berat Satuan Unit (*Unit Weight*)

Perbandingan antara berat dan volume (termasuk pori-pori antar butir) pada pasir disebut berat satuan. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui cara mencari berat satuan pasir dan untuk tujuan lebih lanjutnya yaitu untuk memudahkan penentuan suatu volume agregat sesuai dengan berat yang diinginkan dalam keadaan lepas. Pemeriksaan ini dibedakan menjadi dua bagian yaitu pemeriksaan berat satuan lepas dan berat satuan padat pasir.

1. Berat satuan lepas ditentukan dengan prosedur berikut:

- Menimbang bejana serta mengukur diameter dan tinggi bejana (W_1)
- Memasukkan benda uji kedalam bejana dengan hati-hati agar tidak ada butiran yang keluar, kemudian permukaan bejana diratakan dengan mistar perata.
- Menimbang berat bejana yang berisi pasir tersebut (W_2).
- Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2. Berat isi padat ditentukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Menimbang dan mencatat berat wadah (W_1).
- Mengisi wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan sebanyak 25 kali secara merata.
- Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Menimbang dan mencatat berat wadah serta benda uji (W_2).
- Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

b. Pemeriksaan Gradasi Pasir (*Sieve Analysis*)

Analisis gradasi (pemeriksaan gradasi) pasir berikut ini menguraikan langkah-langkah untuk menganalisis distribusi ukuran butir (gradasi) pasir dengan alat ayakan. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan pasir yang akan diuji/diperiksa (dengan berat sekitar 1000 gram) dalam tungku dengan panas antara 100°C dan 110°C beberapa hari setelah beratnya konstan.
2. Menyusun ayakan sesuai dengan susunannya dengan lubang ayakan yang terbesar ditaruh paling atas kemudian lubang yang lebih kecil di bawahnya.

3. Memasukkan pasir contoh ke dalam ayakan paling atas.
4. Meletakkan susunan ayakan di atas alat penggetar atau mengayak dengan tangan. Pada umumnya, penggetaran dilakukan selama 10 menit.

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Pasir mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang hanya tergantung pada tingkat kepadatannya, bentuk butiran maupun tingkat kebasahannya. Oleh karena itu untuk pasir dikenal berat jenis, berat satuan, berat jenuh kering muka.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pelaksanaan pemeriksaan berat jenis pasir adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu 105°C selama beberapa hari sampai beratnya tetap.
2. Merendam pasir dalam air sekitar 24 jam.
3. Membuang air perendam dengan hati-hati, jangan sampai butiran pasircikut terbang. Tebarkan pasir di atas talam, kemudian dikeringkan di udara panas sambil dibolak-balik sehingga tercapai keadaan kering-muka jenuh. Pemeriksaan kering-muka jenuh dilakukan dengan memasukkan pasir ke dalam kerucut terpancung dan dipadatkan dengan penumbuk 25 kali dengan tinggi jatuh 5 cm. Kerucut diangkat, pasir kering-muka jenuh akan runtuh, akan tetapi bentuknya masih tampak seperti kerucut.
4. Memasukkan pasir yang jenuh kering muka tersebut ke dalam piknometer sebanyak sekitar 500 gram (B0). Memasukkan air suling sampai sekitar 90% penuh. Piknometer diputar dan digulingkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap di antara butir-butir pasirnya.
5. Menambah air ke dalam piknometer sampai tanda batas dan mencatat temperatur air, kemudian timbang piknometer yang berisi pasir dan air itu sampai ketelitian 0,10 gram (B1).
6. Mengeluarkan pasir dari dalam piknometer, kemudian mengeringkan dengan oven sampai beratnya tetap (B2).
7. Menimbang piknometer yang berisi penuh air (B3).

d. Pemeriksaan Kadar Air Pasir

Tujuannya adalah untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam yang akan digunakan dalam campuran beton. Cara pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut:

1. Menimbang cawan dan mencatat beratnya (W1).
2. Memasukkan benda uji ke dalam cawan dan menimbang beratnya (W2).
3. Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
4. Mengeringkan benda uji berikut dengan cawan ke dalam oven dengan suhu 105°C sampai beratnya tetap (W4).
5. Menghitung berat cawan dan benda uji kering oven ($W5 = W4 - W1$).

e. Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir

Pemeriksaan kandungan lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan kandungan (tanah liat dan lumpur) dalam pasir secara sederhana. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Mengambil pasir kering tungku yang lewat ayakan 4,8 mm minimum 500 gram (B1).
2. Memasukkan pasir tersebut ke dalam nampan pencuci dan memasukkan air secukupnya sampai semua pasir terendam.
3. Mengguncang-guncangkan nampan kemudian menuangkan air cucian ke dalam ayakan nomor 16 dan nomor 200.
4. Mengulangi langkah 3 sampai air cucian tampak bersih.
5. Memasukkan kembali butir-butir pasir yang tersisa di ayakan 16 dan 200 ke dalam nampan, kemudian memasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan kembali. Beberapa hari kemudian timbang kembali pasir setelah kering tungku (B2).

3.3.3 Pengujian Agregat Kasar (Kerikil/Batu Pecah)

a. Pemeriksaan Berat Satuan Unit (*Unit Weight*)

Perbandingan antara berat dan volume (termasuk pori-pori antar butir) pada kerikil/batu pecah disebut berat satuan. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui cara mencari berat satuan kerikil/batu pecah dan untuk tujuan lebih lanjutnya yaitu untuk memudahkan penentuan suatu volume agregat sesuai dengan berat yang diinginkan dalam keadaan lepas. Pemeriksaan ini dibedakan menjadi

dua bagian yaitu pemeriksaan berat satuan lepas dan berat satuan padat kerikil/batu pecah.

1. Berat satuan lepas ditentukan dengan prosedur berikut:

- Menimbang bejana serta mengukur diameter dan tinggi bejana (W1)
- Memasukkan benda uji kedalam bejana dengan hati-hati agar tidak ada butiran yang keluar, kemudian permukaan bejana diratakan dengan mistar perata.
- Menimbang berat bejana yang berisi kerikil/batu pecah tersebut (W2).
- Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

2. Berat isi padat ditentukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
- Mengisi wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan sebanyak 25 kali secara merata.
- Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Menimbang dan mencatat berat wadah serta benda uji (W2).
- Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

b. Pemeriksaan Gradasi Kerikil/batu pecah (*Sieve Analysis*)

Analisis gradasi (pemeriksaan gradasi) kerikil/batu pecah berikut ini menguraikan langkah-langkah untuk menganalisis distribusi ukuran butir (gradasi) kerikil/batu pecah dengan alat ayakan. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan kerikil/batu pecah yang akan diuji/diperiksa (dengan berat sekitar 2000 gram) dalam tungku dengan panas antara 100°C dan 110°C beberapa hari setelah beratnya konstan.
2. Menyusun ayakan sesuai dengan susunannya dengan lubang ayakan yang terbesar ditaruh paling atas kemudian lubang yang lebih kecil di bawahnya.
3. Memasukkan kerikil/batu pecah contoh kedalam ayakan paling atas.
4. Meletakkan susunan ayakan di atas alat penggetar atau mengayak dengan tangan. Pada umumnya, penggetaran dilakukan selama 10 menit.

c. Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil/batu pecah

Kerikil/batu pecah mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang hanya tergantung pada tingkat kepadatannya, bentuk butiran maupun tingkat kebasahannya. Oleh karena itu untuk kerikil/batu pecah dikenal berat jenis, berat satuan, berat jenuh kering muka.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pelaksanaan pemeriksaan berat jenis kerikil/batu pecah adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan kerikil/batu pecah dalam oven dengan suhu 105° C selama beberapa hari sampai beratnya tetap.
2. Merendam kerikil/batu pecah dalam air sekitar 24 jam.
3. Membuang air perendam dengan hati-hati, jangan sampai butiran kerikil/batu tidak ikut terbuang. Tebarkan kerikil/batu pecah di atas talam, kemudian dikeringkan di udara panas sambil dibolak-balik sehingga tercapai keadaan kering-muka jenuh. Pemeriksaan kering-muka jenuh dilakukan dengan memasukkan kerikil/batu pecah ke dalam kerucut terpancung dan dipadatkan dengan penumbuk 25 kali dengan tinggi jatuh 5 cm. Kerucut diangkat, kerikil/batu pecah kering-muka jenuh akan runtuh, akan tetapi bentuknya masih tampak seperti kerucut.
4. Memasukkan kerikil/batu pecah yang jenuh kering muka tersebut ke dalam piknometer sebanyak sekitar 500 gram (B0). Memasukkan air suling sampai sekitar 90% penuh. Piknometer diputar dan digulingkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap di antara butir-butir kerikil/batu pecahnya.
5. Menambah air ke dalam piknometer sampai tanda batas dan mencatat temperatur air, kemudian timbang piknometer yang berisi kerikil/batu pecah dan air itu sampai ketelitian 0,10 gram (B1).
6. Mengeluarkan kerikil/batu pecah dari dalam piknometer, kemudian mengeringkan dengan oven sampai beratnya tetap (B2).
7. Menimbang piknometer yang berisi penuh air (B3).

d. Pemeriksaan Kadar Air Kerikil/batu pecah

Tujuannya adalah untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam yang akan digunakan dalam campuran beton. Cara pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut:

1. Menimbang cawan dan mencatat beratnya (W_1).
 2. Memasukkan benda uji ke dalam cawan dan menimbang beratnya (W_2).
 3. Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
 4. Mengeringkan benda uji berikut dengan cawan ke dalam oven dengan suhu 105°C sampai beratnya tetap (W_4).
 5. Menghitung berat cawan dan benda uji kering oven ($W_5 = W_4 - W_1$).
- e. Pemeriksaan Kadar Lumpur Kerikil/batu pecah

Pemeriksaan kandungan lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan kandungan (tanah liat dan lumpur) dalam kerikil/batu pecah secara sederhana. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

6. Mengambil kerikil/batu pecah kering tungku yang lewat ayakan minimum 1000 gram (B1).
7. Memasukkan kerikil/batu pecah tersebut ke dalam nampan pencuci dan memasukkan air secukupnya sampai semua kerikil/batu pecah terendam.
8. Mengguncang-guncangkan nampan kemudian menuangkan air cucian ke dalam ayakan nomor 16 dan nomor 200.
9. Mengulangi langkah 3 sampai air cucian tampak bersih.
10. Memasukkan kembali butir-butir kerikil/batu pecah yang tersisa di ayakan 16 dan 200 ke dalam nampan, kemudian memasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan kembali. Beberapa hari kemudian timbang kembali kerikil/batu pecah setelah kering tungku (B2).

3.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton agar memenuhi persyaratan teknis sehingga dapat menghasilkan campuran yang optimal dengan kekuatan maksimum. Kriteria utama dalam *Mix Design* adalah kekuatan beton (hubungannya dengan factor air semen) dan kemudahan pekerjaan (*workability*). Dalam penelitian ini metode yang digunakan metode *trial and error* untuk mendapatkan *mix design* yang akan digunakan untuk adukan beton.

Tabel 3. 1 Proporsi Campuran Beton per 1 m³

Kode Benda Uji	Semen	Pasir	Kerikil	Air
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	Liter
f'c 20	336.36	695.97	1147.66	185
f'c 25	370	642.55	1167.45	185
f'c 30	402.17	610.68	1167.14	185
f'c 35	451.22	571.36	1157.42	185
f'c 40	500	522.48	1157.52	185

Sumber : Hasil perhitungan Mix Design

3.5 Kebutuhan Benda Uji

Adapun kebutuhan benda uji untuk pengujian kuat tekan dan *Hammer test* adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3. 2 Jumlah Kebutuhan Benda Uji

No	Kode benda uji	Variasi mutu beton (Mpa)	Umur pengujian	Jumlah kebutuhan benda uji
1	f'c 20	20	28	6
2	f'c 25	25	28	6
3	f'c 30	30	28	6
4	f'c 35	35	28	6
5	f'c 40	40	28	6
Total jumlah kebutuhan benda uji				30

dengan :

f'c 20 = Beton mutu 20 Mpa

f'c 25 = Beton mutu 25 Mpa

f'c 30 = Beton mutu 30 Mpa

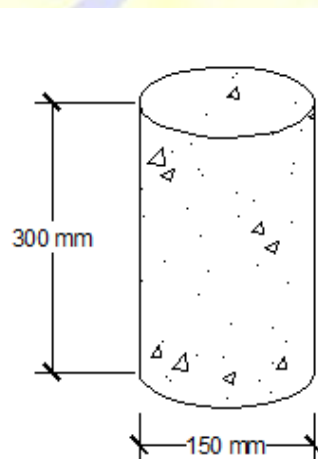
f'c 35 = Beton mutu 35 Mpa

f'c 40 = Beton mutu 40 Mpa

3.6 Pembuatan Benda Uji

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji berupa silinder beton adalah sebagai berikut:

1. Mengadukan material pasir, semen, dan kerikil.
2. Membersihkan alat-alat yang akan digunakan.
3. Menyiapkan cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
4. Menyiapkan dan menimbang bahan yang akan digunakan sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan.
5. Setelah ditimbang bahan semen, kerikil, pasir diaduk hingga rata menggunakan molen.
6. Kemudian ditambahkan air, dimana jumlah air yang digunakan sesuai dengan perbandingan berat air semen.
7. Setelah bahan tercampur rata, kemudian dilakukan uji *slump* sesuai dengan SNI 93-1972-2008 untuk mengukur *workability* adukan.
8. Bahan yang telah dicampurkan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan sesuai dengan cetakan benda uji yang akan dibuat.
9. Kemudian adonan dikeringkan untuk proses pengerasan. Metode yang digunakan pada proses pengerasan adalah secara alami (normal).
10. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dan beton direndam selama 28 hari terhitung saat beton selesai dicetak.



Gambar 3.16 Benda Uji Silinder

3.7 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Kelembaban beton harus dijaga agar beton tidak mengalami keretakan karena proses kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada penelitian ini metode perawatan yang dilakukan adalah dengan melakukan perendaman terhadap sampel selama beton dalam bak berisi air. Perawatan sampel dilakukan selama 28 hari.

3.8 Prosedur Pengujian Benda Uji

3.8.1 Uji Kuat Tekan (CTM)

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

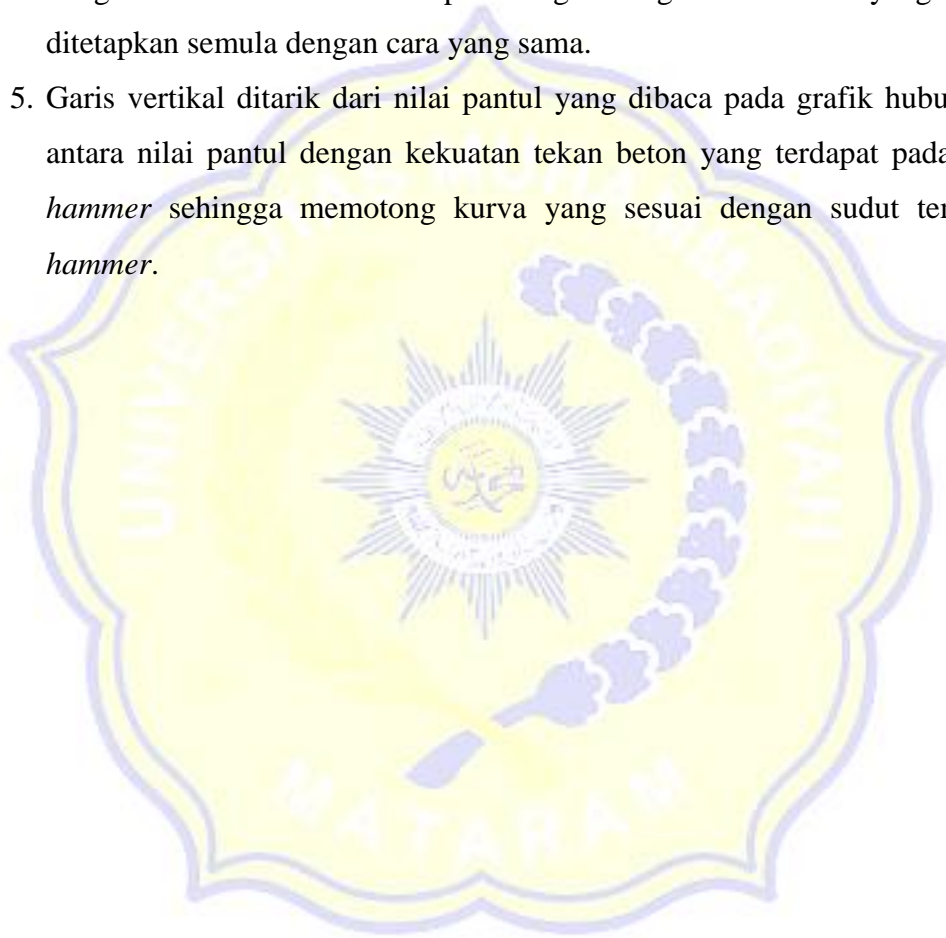
1. Sebelum dilakukan pengujian terhadap silinder beton, terlebih dahulu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan belerang atau semen.
2. Setelah ditimbang, benda uji diletakkan pada alat pembebanan mesin uji tekan beton (CTM).
3. Kemudian pembebanan diberikan secara berangsur-angsur sampai benda uji tersebut mencapai pembebanan maksimal. Besar beban dicatat sesuai jarum petunjuk pembebanan.
4. Beban yang mampu ditahan masing-masing benda uji (P) dibagi dengan luas permukaan beton yang tertekan (A), sehingga diperoleh kuat tekan beton yang maksimum.

3.8.2 Uji Pantul dengan *Hammer Test*

Adapun langkah-langkah pengujian dengan *hammer test* adalah sebagai berikut:

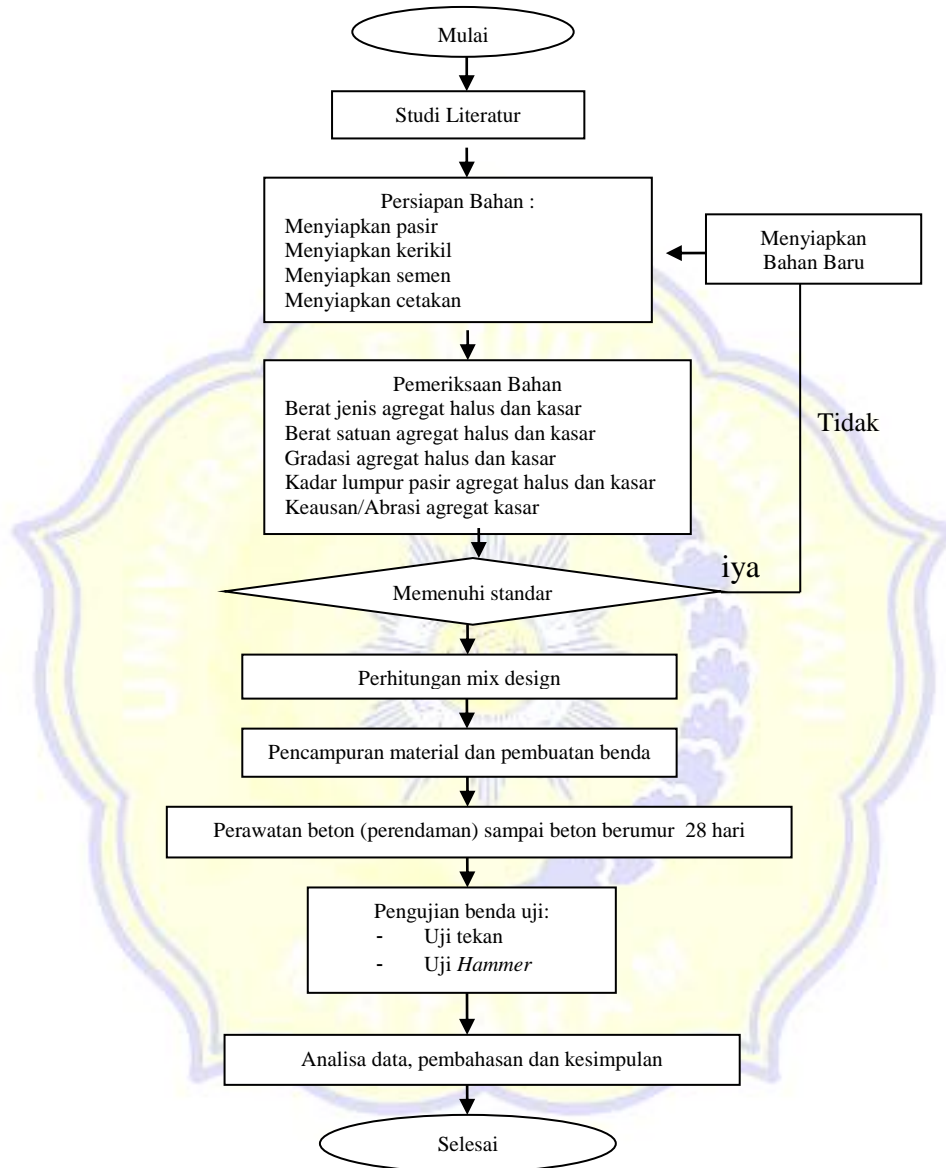
1. Ditentukan titik sebanyak 5 titik, masing-masing titik tes terdiri dari 10 titik tembak.

2. Ujung *plunger* yang terdapat pada ujung alat *hammer test* disentuhkan pada titik yang akan ditembak dengan memegang *hammer* sedemikian rupa dengan arah tegak lurus.
3. *Plunger* ditekan secara perlahan-lahan pada titik tembak dengan tetap menjaga kestabilan arah dari alat *hammer*. Pada saat *plunger* akan lenyap masuk ke dalam alatnya akan terjadi tembakan oleh *plunger* terhadap beton, dan tekan tombol yang terdapat dekat pangkal *hammer*.
4. Pengetesan dilakukan terhadap masing-masing titik tembak yang telah ditetapkan semula dengan cara yang sama.
5. Garis vertikal ditarik dari nilai pantul yang dibaca pada grafik hubungan antara nilai pantul dengan kekuatan tekan beton yang terdapat pada alat *hammer* sehingga memotong kurva yang sesuai dengan sudut tembak *hammer*.



3.9 Bagan Alir Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman, langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir di bawah ini:



Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian