

**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR DENGAN LIMBAH BUBUT
PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN
BETON**

SKRIPSI

OLEH:

**AMANDA RAMAH DANA
198110112**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 24/12/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Pasir Dengan Limbah Bubut Pada
Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton
Nama : Amanda Ramah Dana
NPM : 198110112
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Ir.H. Irwan, M.T
Pembimbing

....., ST, M, T.
Dekan

..... Wulandari, S.T.,
M.T

Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 28 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 28 Agustus 2024



Amanda Ramah Dana
198110112

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amanda Ramah Dana
NPM : 198110112
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Substitusi Pasir Dengan limbah Bubut Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 28 Agustus 2024
Yang menyatakan


(Amanda Ramah Dana)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 11 Desember 2000 dari Ayah Suparno dan Ibu Wik Wik Widayanti. Penulis merupakan putra pertama. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Kutalimbaru dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Yodya Karya.



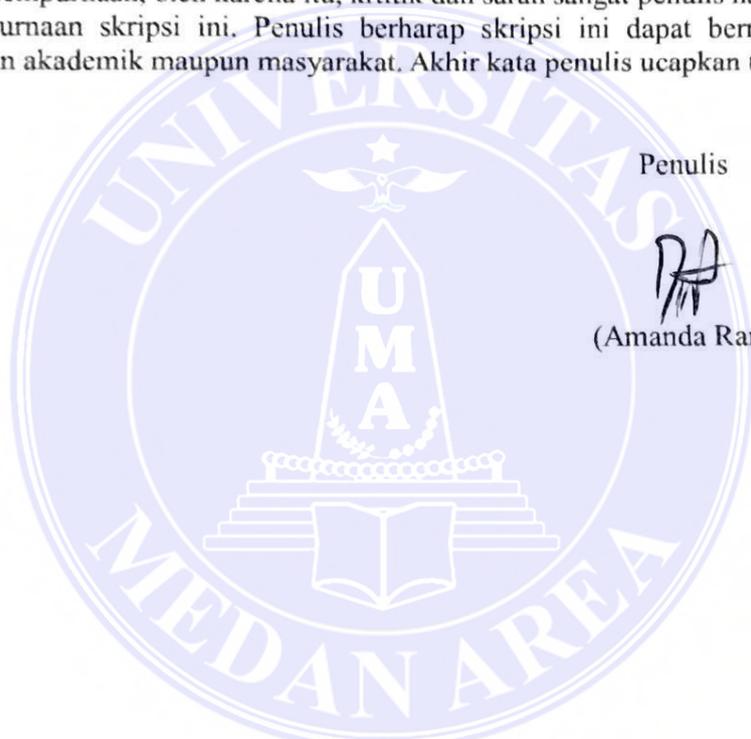
KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah kuat tekan beton dengan judul Pengaruh Substitusi Pasir Dengan Limbah Bubut Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir H.Irwan.M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman saya yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Amanda Ramah Dana)



ABSTRAK

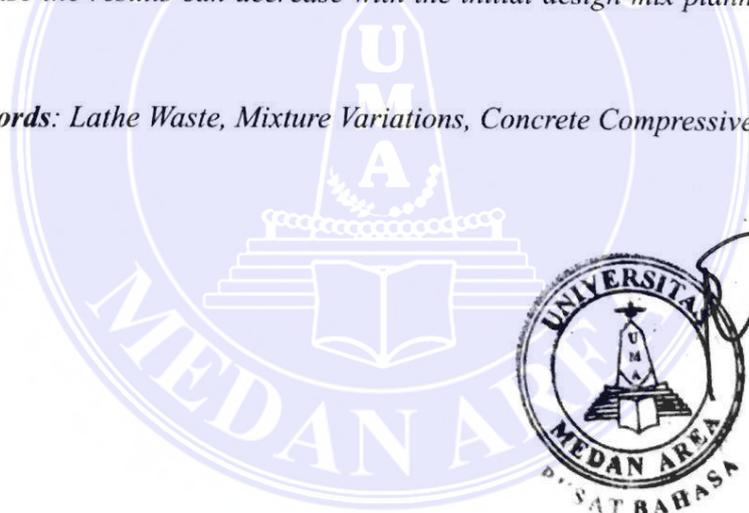
Konsep bangunan limbah daur ulang yang ramah lingkungan saat ini sedang gencar- gencarnya berkembang di dunia konstruksi. Perkembangan berikutnya tidak sekedar berupa konsep, tapi sudah dan telah dibuat pedoman dan aturan perencanaan, pelaksanaan, dan operasional bangunan yang betul-betul memperhatikan kondisi lingkungan dan dampak terhadap lingkungan yang timbul. Salah satu bagian penting dalam konsep bangunan hijau adalah penggunaan material-material konstruksi yang ramah lingkungan. Bengkel bubut adalah bisnis yang bergerak di bidang otomotif. Bengkel bubut menghasilkan limbah logam atau besi dari mesin yang diperbaiki. Limbah ini merupakan hasil dari pengikisan mesin yang diperbaiki, menghasilkan serpihan logam atau besi yang halus. Dari hasil pengamatan visual limbah ini memiliki kemiripan dengan agregat ringan dalam beton, yang biasanya diisi oleh pasir alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan mutu beton substitusi limbah bubut dengan variasi campuran 0%, 6%, 8%, dan 12% Terhadap pasir (agregat halus). Metode pada penelitian ini adalah eksperimen yang dilakukan dengan cara membandingkan beton normal $f'_c = 20$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Hasil penelitian eksperimen adalah dengan menggunakan campuran limbah bubut tidak mencapai kekuatan yang di standarkan oleh SNI dimana paling sedikit kuat tekan adalah 17 MPa dengan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan campuran limbah tersebut tidak lah dapat atau bisa di katakan tidak efektif untuk digunakan. Karena dari hasil yang di dapat menurun dengan perencanaan mix design awal yaitu 20 MPa.

Kata Kunci ,Limbah Bubut Variasi Campuran, Kuat Tekan Beton

ABSTRACT

The concept of environmentally friendly recycled waste buildings is currently being intensively developed in the world of construction. The next development is not just a concept, but guidelines and regulations for planning, implementation and building operations have been made that really pay attention to environmental conditions and the impact on the environment that arises. One important part of the green building concept is the use of environmentally friendly construction materials. The lathe workshop is a business that operates in the automotive sector. Lathe workshops produce metal or iron waste from the machines being repaired. This waste is the result of the erosion of repaired machines, producing fine metal or iron chips. From the results of visual observations, this waste has similarities to light aggregate in concrete, which is usually filled with natural sand. This research aimed to determine the compressive strength of quality concrete substituted for lathe waste with mixed variations of 0%, 6%, 8%, and 12% of sand (fine aggregate). The method in this research was an experiment carried out by comparing normal concrete $f'c = 20 \text{ Mpa}$ as a control with the concrete to be experimented with. The results of experimental research were that using a mixture of lathe waste does not reach the strength standardized by SNI where the minimum compressive strength is 17 MPa. The results of the research that had been carried out can be concluded that using this mixture of waste cannot or can be said to be ineffective for use. . Because the results can decrease with the initial design mix planning, namely 20 MPa.

Keywords: Lathe Waste, Mixture Variations, Concrete Compressive Strength



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu.....	7
2.4 Pengertian Umum Beton.....	8
2.5 Sifat-Sifat Beton.....	10
2.5.1 Kemampuan Dikerjakan (<i>Workability</i>).....	10
2.6 Keunggulan dan Kelemahan Beton.....	10
2.7 Jenis Beton	12
2.8 Bahan Penyusun Beton	13
2.9 Semen.....	14
2.9.1 Agregat.....	15
2.9.2 Air	18
2.9.3 Limbah Bubut	20
2.10 Slump	20
2.11 Kuat Tekan Beton.....	21
2.12 Bahan Tambah.....	24
2.12.1 Bahan Tambah Kimia (Chemical Admixture).....	25
2.12.2 Bahan Tambah.....	26
2.13 Faktor Air Semen	27
2.14 <i>Slump Flow</i>	28
2.15 <i>Setting Time</i> Semen	28
2.16 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	29

2.17	Benda Uji	29
2.18	Faktor-Faktor yang mempengaruhi Kuat Tekan	30
2.19	Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekannya	30
2.20	Modulus Elastisitas	31
2.21	Rangkak Susut Beton	31
2.21.1	Berat Jenis Beton.....	32
2.22	Karakteristik Campuran Beton K – 250.....	33
2.23	Beton Segar	35
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1	Metode Penelitian	37
3.2	Prosedur Penelitian.....	37
3.3	Tahap pelaksanaan penelitian.....	37
3.4	Bahan Penelitian.....	39
3.5	Lokasi Penelitian	40
3.6	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	40
3.7	Bagan Alur	41
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1	Hasil Penelitian	44
4.2	Hasil Penelitian	44
4.3	Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
4.4	Hasil Perhitungan <i>Mix Design</i>	51
4.5	Hasil Pengujian Slump.....	56
4.6	Hasil Penelitian Kuat Tekan Beton Silinder (15 cm x 30cm)	57
4.7	Hasil Kuat Tekan Beton	57
4.8	Hasil Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut (6%)	58
4.9	Hasil Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut (8%)	59
4.10	Hasil Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut (12%)	60
4.11	Pembahasan	62
BAB IV.	SIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpula	64
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		xiii
LAMPIRAN		xv

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang	7
Tabel 2 Hasil Uji Unsur Oksida Semen Portland.....	15
Tabel 3 Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah di toleransikan	23
Tabel 4 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	23
Tabel 5 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan	31
Tabel 6 Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya.....	32
Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Halus.....	45
Tabel 8 Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Halus.....	46
Tabel 9 Hasil Penelitian Kadar Lumpur Pasir.....	47
Tabel 10 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Pasir	47
Tabel 11 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir	48
Tabel 12 Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Halus	48
Tabel 13 Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar	49
Tabel 14 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Kerikil	50
Tabel 15 Hasil pemeriksaan berat jenis kerikil	51
Tabel 16 Perhitungan <i>Mix Design</i>	55
Tabel 17 Data hasil pengujian slump	56
Tabel 18 Campuran Beton Normal Tanpa Campuran Limbah Bubut (0%), benda uji silinder (umur 14 hari)	57
Tabel 19 Campuran Beton Normal Tanpa Campuran Limbah Bubut (0%), benda uji silinder (umur 28 hari)	58
Tabel 20 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (6%), benda uji silinder (umur 14 hari)	58
Tabel 21 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (6%), benda uji silinder (umur 28 hari)	59
Tabel 22 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (8%), benda uji silinder (umur 14 hari)	59
Tabel 23 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (8%), benda uji silinder (umur 28 hari)	60
Tabel 24 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (12%), benda uji silinder (umur 14 hari)	60
Tabel 25 Campuran Beton Campuran Limbah Bubut (12%), benda uji silinder (umur 28 hari)	61
Tabel 26 Rata – Rata Pengujian Kuat Tekan Beton	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Beton Bertulang.....	12
Gambar 2 Beton Pracetak.....	12
Gambar 3 Beton pratekan.....	13
Gambar 4 Beton Ringan.....	13
Gambar 5 Agregat Kasar.....	17
Gambar 6 Agregat Halus.....	18
Gambar 7 Sketsa pengujian kuat tarik belah beton.....	22
Gambar 8 Pemodelan benda uji.....	29
Gambar 9 Lokasi Penelitian Universitas Katolik Santo Thomas.....	40
Gambar 10 Bagan Alur.....	43
Gambar 11 Grafik Analisis Ayakan Pasir.....	36
Gambar 12 Grafik Analisis Ayakan Kerikil.....	49
Gambar 13 Grafik Nilai Slump.....	57
Gambar 14 Grafik Kuat Tekan Beton Normal.....	58
Gambar 15 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut 6%.....	59
Gambar 16 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut 8%.....	60
Gambar 17 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bubut 12%.....	61
Gambar 18 Grafik Rata – Rata Kuat Tekan Beton.....	62

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsep bangunan limbah daur ulang yang ramah lingkungan saat ini sedang gencar-gencarnya berkembang di dunia konstruksi. Perkembangan berikutnya tidak sekedar berupa konsep, tapi sudah dan telah dibuat pedoman dan aturan perencanaan, pelaksanaan, dan operasional bangunan yang betul-betul memperhatikan kondisi lingkungan dan dampak terhadap lingkungan yang timbul. Salah satu bagian penting dalam konsep bangunan daur ulang limbah adalah penggunaan material-material konstruksi yang ramah lingkungan. Dimana material konstruksi tersebut diambil, diproduksi, digunakan dan dirawat dengan seminimal mungkin berkontribusi pada kerusakan lingkungan. Seperti halnya dengan material beton yang dewasa ini banyak digunakan pada hampir semua bangunan yang didirikan. Beton tersusun atas material semen, pasir, kerikil, dan air, yang terkadang juga diberikan bahan-bahan tambah lainnya untuk mencapai performa beton yang diinginkan (Firstly, 2020).

Beton adalah material konstruksi yang pada saat ini sudah sangat umum. Beton adalah material konstruksi yang digunakan peranan konstruksi beton menurut suatu kualitas beton yang memadai. Beton yang bermutu baik mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, tahan aus, dan tahan terhadap cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lemah terhadap kuat tarik, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna, dan

bersifat getas. Penelitian-penelitian telah banyak dilakukan untuk memperoleh suatu penemuan alternatif penggunaan konstruksi beton dalam berbagai bidang secara tepat dan efisien, sehingga akan diperoleh mutu beton yang lebih baik. Beton merupakan unsur yang sangat penting, mengingat fungsinya sebagai salah satu pembentuk struktur yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Keadaan ini dapat dimaklumi, karena sistem konstruksi beton mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan bahan lain (Riswan, 2021).

Bengkel bubut adalah bisnis yang bergerak di bidang otomotif. Bengkel bubut menghasilkan limbah logam atau besi dari mesin yang diperbaiki. Limbah ini merupakan hasil dari pengikisan mesin yang diperbaiki, menghasilkan serpihan logam atau besi yang halus. Sampah dibuang begitu saja, tanpa ada yang memanfaatkannya. Menunjukkan limbah dari proses pekerjaan pembubutan besi. Dari hasil pengamatan visual limbah ini memiliki kemiripan dengan agregat ringan dalam beton, yang biasanya diisi oleh pasir alam (Puja Nifta Hadi 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini mensubstitusikan pasir sebagai campuran pada beton jika pasir lama kelamaan pasir di ambil dari alam akan habis, Oleh karna itu bahan alternatif lain sebagai mengganti pasir adalah limbah bubut pengganti campuran beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan mutu beton substitusi limbah bubut dengan variasi campuran 0%, 6% ,8%, dan 12% Terhadap pasir (agergat halus)

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai alternatif lain dalam bahan konstruksi bangunan guna memanfaatkan limbah bubut yang dibuang begitu saja, atau dapat memberikan inovasi baru sebagai bahan tambah semen yang ramah lingkungan, sehingga biaya material bangunan dapat menjadi lebih hemat dan mudah di olah. Dan guna memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengenai pengembangan dan pemanfaatan limbah bubut



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka adalah kegiatan yang meliputi mencaai, membaca dan mendengarkan laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Hasil dari kegiatan ini merupakan materi yang disajikan untuk menyusun dasar atau kerangka teori penelitian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait inovasi untuk mensubstitusi pasir dengan limbah bubuk sudah dilakukan beberapa peneliti terdahulu.

1. Abdul Rozaq Saputra, (2022) Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Pemanfaatanserat limbah bubuk logam besi sebagai bahan tambah dari beton merupakan salah satu solusi agar dapat, mengurangi jumlah limbah atau sampah yang dihasilkan dari industri bubuk logam besi. Serat limbah bubuk logam besi ini digunakan sebagai serat pada beton dalam rangka mendapatkan bahan yang murah dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat limbah bubuk logam besi terhadap kuat tekan beton $f'c$ 25 MPa. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan menambahkan serat limbah bubuk logam besi variasi 0%, 12,5%, 15%, dan 17,5% terhadap berat semen. Benda uji yang

digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm x 30 cm dengan kuat tekan rencana 25 MPa dan diuji pada umur 28 hari. Hasil kuat tekanan menggunakan serat limbah bubuk logam besi sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 12,5%, 15%, dan 17,5%, didapat kuat tekan rata-rata sebesar 26,89 MPa, 25,48 MPa, 23,87 MPa, dan 22,65 MPa, sehingga semakin tinggi prosentase penambahan serat limbah bubuk logam besi semakin menurunkan kuat tekan beton.

2. Anggara Yunanda, (2022) Salah satu teknologi beton yang dikembangkan untuk memperoleh kuat tekan beton yang baik adalah, material tambahan limbah bubuk besi yang diperoleh dari sisa hasil proses pembubutan besi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan standard uji SNI 1974:2011. Pembuatan sampel benda uji dilakukan dengan cara memberikan variasi 0%, 1,5% dan 2,5% limbah bubuk besi dari berat agregat halus pada campuran beton dengan kuat tekan rencana beton 29,05 MPa. Sampel beton diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton maksimal dicapai oleh beton normal (0%) yaitu 28,96 MPa pada umur beton 21 hari. Sementara nilai kuat tekan beton setelah diberi campuran limbah bubuk besi mengalami penurunan. Kuat tekan beton optimum dengan penambahan limbah bubuk besi diperoleh sebesar 24,63 MPa dengan campuran 1,5% pada umur beton 21 hari. Penurunan kuat tekan beton akibat penambahan limbah bubuk besi ini terjadi karena adanya udara yang terjebak di dalam

beton sehingga menyebabkan beton berongga dan tidak padat, sehingga kuat tekan beton menjadi menurun.

3. Erlina, (2022) Beton digunakan sebagai bahan baku konstruksi dalam proyek bangunan. Karakteristik yang dimiliki beton sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan yang terkandung didalam campuran dan cara pengolahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan memanfaatkan limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan sebesar 0%, 5%, 10%. Penelitian dilakukan dengan membandingkan pengaruh kuat tekan, kuat lentur beton dengan serat limbah bubuk besi. Pengujian yang dilaksanakan di laboratorium selanjutnya dihitung dengan formula dan prosedur yang telah ditentukan untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dan kuat lentur. Hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai daya serap air berkisar 2,909% sampai 3,787% dan nilai berat jenis beton sebesar 2,29 gr/cm³ sampai 2,32 gr/cm³. Hasil penelitian menunjukkan pengujian kuat tekan beton diketahui nilai kuat tekan beton normal sebesar 22,64 MPa, kuat tekan beton dengan 5% limbah bubuk besi sebesar 23,39 MPa dan kuat tekan beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 26,41 MPa. Semakin besar persentase penambahan limbah bubuk besi, semakin besar juga kuat tekan beton tersebut.
4. Puja Nifta Hadi, (2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah mesin bubuk terhadap kuat tekan beton. Limbah mesin bubuk ditambahkan secara parsial untuk menggantikan agregat halus, di mana limbah mesin bubuk yang digunakan adalah yang tertahan pada saringan nomor 200. Sampel pada penelitian ini berbentuk

silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Campuran beton yang diberikan bahan parsial serpihan aluminium bervariasi mulai dari 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase parsial limbah mesin bubut, kuat tekan beton juga cenderung menurun. Penambahan limbah mesin bubut ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21%.

2.3 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penjelasan penelitian terdahulu yang diatas, telah ditemukan perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang dilakukan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

No	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul	Peneliti Tedahulu	Perbedaan dengan Penelitian ini
1	Puja Nifta Hadi (2019)	Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton	1. Benda uji silinder sebagian semen sebesar 5% 2. beton ringan diuji kuat tekan pada umur 14 hari.	1. benda uji Silinder substitusi campuran Perbedaan dengan Penelitian ini 0%,6%, 8%, dan 12% dari berat semen 2. Diuji Kuat Tekan beton pada Umur 14 dan 28 hari
2	Erlina (2022)	Pengaruh Penambahan Limbah Bubut Besi Terhadap Kuat tekan Beton	1. Nilai kuat Rencana yaitu 22,64 MPa 2. menggunakan benda uji silinder 15cm x 30cm. 3. limbah bubut dijadikan sebagai substitusi semen dengan persentase 0%, 5%, 10%,	1. Mutu beton rencana 20 Mpa 2. Benda uji silinder 15 cm x 30 cm. 3. Limbah bubut sampai berubah jadi 0%,6%, 8%, dan 12%
3	Anggara	Kuat Tekan Beton	1. Benda uji yang	1. Benda uji

No	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul	Peneliti Tedahulu	Perbedaan dengan Penelitian ini
	Yunanda (2022)	Dengan Substitusi Parsial Sisa Bubut Besi Sebagai Agregat Halus	dibuat sebanyak 9 silinder yang terdiri dari empat variasi campuran umur 28 hari 2...Mencampur limbah bubuk sebagai bahan pengganti semen	2. berjumlah 16 silinder terdiri dari empat variasi campuran dengan umur 14 dan 28 hari 3. Hanya campuran limbah bubuk saja sebagai substitusi dari berat semen
4	Anggara Yunanda (2022)	Analisis pengaruh penambahan serat limbah bubuk Logam besi terhadap kuat tekan beton f'c 25 mpa	1. persentasi agregat halus limbah ampas tebu 0%, 12,5%, 15% dan 17,5% 2. persentasi agregat halus limbah ampas tebu 0%, 12,5%, 15% dan 17,5%	1. kuat tekan beton terhadap penambahan limbah bubuk 0%, 6%, 8%, dan 12%) 2. substitusi campuran 0%, 6%, 8%, dan 12% dari berat semen

2.4 Pengertian Umum Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah paduan semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan zat campuran (*admixture*). Seiring dengan bertambahnya umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak digunakan untuk berbagai jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan. Kekuatan beton bergantung pada kesesuaian pada campuran, kualitas bahan dasar penyusun beton (semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah), cara menakar dan menggabungkan, kelembaban di sekitar beton, dan metode perawatan. Agar kekuatan beton yang dihasilkan mencapai sesuai rencana maka

perlu dilakukan rencana adukan beton atau *mix design* yang bertujuan untuk memperoleh kebutuhan semen, pasir, kerikil, dan air.

Tujuan dari beton dalam konstruksi adalah kekuatan struktural: beton memberikan dukungan dan kekuatan pada bangunan, mampu menahan beban berat, ketahanan: beton tahan terhadap cuaca, api, dan bahan kimia, sehingga memiliki umur panjang, fleksibel desain: beton dapat dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran, memungkinkan inovasi dalam desain arsitektur, ketersediaan dan biaya: bahan-bahan penyusun beton (semen, agregat, air) umumnya mudah didapatkan dan relatif murah, perawatan rendah: setelah mengeras, beton membutuhkan sedikit perawatan dibandingkan dengan material lain, isolasi suara termal: beton memiliki kemampuan untuk merendang suara dan memberikan isolasi termal yang baik, keberlanjutan: dengan teknik yang tepat, beton dapat diproduksi dan dikelola dengan cara yang ramah lingkungan.

Beton memiliki berbagai manfaat dalam berbagai konstruksi dan pembangunan, antara lain:

1. Kekuatan dan daya tahan: beton sangat kuat dan tahan lama, cocok untuk berbagai struktur seperti gedung, jembatan dan jalan
2. Fleksibel desain: beton dapat dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran, memungkinkan variasi dalam desain arsitektur
3. Biaya efektif: bahan baku beton relatif murah dan mudah didapat, serta memerlukan sedikit perawatan setelah selesai
4. Ketahanan terhadap cuaca: beton dapat bertahan dalam kondisi cuaca ekstrem dan tidak mudah rusak oleh kelembapan
5. Beton memberikan perlindungan terhadap kebisingan

6. Ramah lingkungan: beton dapat dibuat dari bahan daur ulang dan dapat bertahan lama, mengurangi kebutuhan untuk penganti saringan
7. Keamanan: struktur beton memberikan perlindungan tambahan terhadap bencana alam seperti gempa bumi dan badai

2.5 Sifat-Sifat Beton

Agar dapat merancang kekuatan beton dengan baik yaitu memenuhi kekuatan struktur, maka harus mengetahui sifat umum beton sebagai berikut :

2.5.1 Kemampuan Dikerjakan (*Workability*)

Sifat *workability* merupakan ukuran dari tingkat kemudahan mengaduk bahan-bahan beton secara bersama, sampai menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah untuk diangkut, dituang, dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran dan menurunkan mutu beton. Kemampuan dikerjakan dapat diukur dari kekental dengan menggunakan alat *slump* (*slump test*) yang berbentuk kerucut terpancung. Pengambilan nilai *slump* tergantung dari jenis pengerjaan beton.

2.6 Keunggulan dan Kelemahan Beton

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

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat,
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah,

3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik 17 tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu 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 workability mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton jua 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 cara pelaksanaan bermacam-macam pula,
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau 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.

2.7 Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok dan pelat. Menurut Mulyono, (2005). Terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut:

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja



Gambar 1. Beton bertulang (asicon, 2015)

3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur



Gambar 2. Beton pracetak (semen merah putih, 2019)

4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja



Gambar 3. Beton pratekan (PUPR, 2022)

5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.



Gambar 4. Beton Ringan (DPUPKP, 2023)

2.8 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen *portland*, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambahan, di mana setiap bahan penyusun mempunyai kegunaan dan pengaruh yang berbeda-beda. karakteristik yang utama pada beton

adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

2.9 Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi (Ikhsan Saifuddin, 2013).

Semen *Portland* dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SNI 15-2049-2004) yaitu:

1. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III yaitu semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV yaitu semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V yaitu semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat. Komposisi oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 2, berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Unsur Oksida Semen *Portland* (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Oksida	Persen (%)
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 (SO ₃)	1 – 2
Potash (K ₂ O+Na ₂ O)	0,5 – 1

2.9.1 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar mauppun kecil atau fragmen-fragmen. Sekitar tiga perempat dari volume beton terdiri dari agregat yang terdiri dari agregat halus dan kasar, sehingga tidak dapat disangkal bahwa sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh suatu jenis beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat pembentuk nya. Salah satu kriteria penting dari pemilihan agregat tersebut adalah gradasi atau keragaman ukuran dari agregat tersebut. Khusus untuk agregat kasar pada beton untuk bangunan umum gradasi normal ialah antara 4,75 mm sampai 75 mm, dengan asumsi umum bahwa komposisi yang lebih baik untuk mendapatkan kuat tekan beton yang optimal ialah yang mendekati standar minimum (biasanya dipakai

agregat kasar dengan gradasi dari 0,5 cm sampai 2,5 mm) dari standar komposisi tersebut. (Tri maryoko, 2015)

Mulyono (2004) juga menyebutkan bahwa ada 2 hal yang mempengaruhi butir-butir agregat bersifat kurang kuat, yaitu: karena bahan yang lemah atau dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan. Kedua, karena porositas yang besar yang dapat mempengaruhi ketahanan beton terhadap beban kejut.

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi 2 sebagai berikut ini,

1. Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki ukuran lebih besar dari 4,80 mm yang berupa batuan, agregat dengan ukuran tersebut dibagi lagi menjadi kerikil beton (4,80-40 mm) dan kerikil kasar dengan ukuran lebih dari 40 mm, agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm (Mulyono,2004). Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% apabila, melebihi maka harus duciuci lebih dahulu sebelum menggunakannya. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat reaktif terhadap alkali. Agregat kasar yang berbutir pipih hanya boleh digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.



Gambar 5. Agregat Kasar (Bahan penlitia, 2024)

2. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (BSN, 2000). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi. Agregat halus berfungsi mengisi pori-pori yang ada diantara agregat kasar, sehingga diharapkan dapat meminimal kandungan udara dalam beton yang dapat mengurangi kekuatan beton. Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kelecakan (*workability*) dari pada gradasi dari keseragaman agregat kasar karena mortal berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar hanya mengisi ruang saja pada beton. Beton mutu tinggi saat ini dikembangkan menggunakan agregat halus yaitu pasir ukuran 0,125-0,5 mm (DIN4226-1). Pada beton mutu tinggi harus memiliki. susun gradasi ukuran butiran yang dapat mengisi ruang kosong semen. Dengan pemilihan gradasi yang tepat akan diperoleh kepadatan persatuan volume, dalam penelitian ini agregat halus yang digunakan lolos ayakan No 200. Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971, antara lain:

Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Tidak mengandung lumpur dari 5% lumpur adalah bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci, khususnya pasir untuk pembuatan beton. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari abrams-harder. Agregat yang tidak memenuhi dari syarat percobaan ini biasa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH.



Gambar 6. Agregat Halus (Bahan Penlitia, 2024)

2.9.2 Air

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

Penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling. Menurut SNI 03-6861.1-2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah:

1. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik, dan lain-lain).
4. Kandungan klorida (Cl) < 0.50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%, dan.
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida lebih dari 0.05 gram/liter.

Untuk air yang digunakan sebagai perawatan beton, dapat digunakan air yang digunakan pada saat pengadukan. Namun air tersebut adalah air yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan agar permukaan beton tetap sedap dipandang.

2.9.3 Limbah Bubut

Sampah merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian untuk mengatasinya. Upaya pengelolaan sampah di masyarakat masih belum maksimal, dengan limbah yang ada sekitar. Pengelolaan limbah harus segera diperbaiki karena memiliki dampak negatif terhadap masyarakat di masa depan. Limbah bubut adalah bahan dari mesin bubut, yang dapat Digunakan sebagai serat besi Bengkel bubut memperbaiki mesin yang rusak akan menghasilkan limbah yang terkelupas. (Widyakala, 2019)

Limbah Bubut Besi Penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah bubut pada beton dilakukan oleh Kumaranet, pada penelitian ini tersebut limbah bubut ditambahkan secara bervariasi, yaitu sebanyak 1%, 1,5%, dan 2% dari total berat beton. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan hingga 11,25% pada sampel dengan limbah bubut sebanyak 1,5%. Selain itu pada uji kuat tarik belah beton dengan campuran limbah bubut mengalami peningkatan hingga 14,75%, dan 18% pada uji kuat lentur. (Puja Nifta Hadi, 2019)

2.10 Slump

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan pengisi (*filler*). Penguji *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan

cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat seperti yang dijelaskan pada SNI 1972-2008.

2.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan (*Compressive Strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan. Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata melalui titik berat sepanjang sumbu *longitudinal* dengan tegangan yang dihasilkan. 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, 2005). Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran Ø 15 cm dan tinggi 30 cm silinder dengan ukuran Ø 15 cm dan tinggi 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah.

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan beton yaitu *Compression Machine*. Benda uji diletakkan tegak berdiri di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh

panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis berikut:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

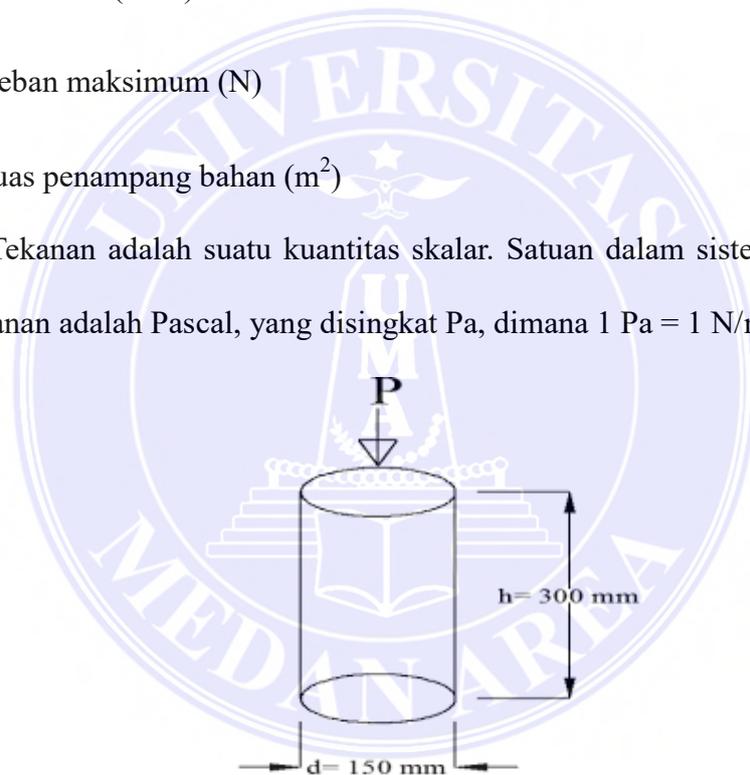
Dengan:

$f'c$ = Kuat tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang bahan (m^2)

Tekanan adalah suatu kuantitas skalar. Satuan dalam sistem internasional dari tekanan adalah Pascal, yang disingkat Pa, dimana $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$



Gambar 7. Sketsa pengujian kuat tekan belah beton

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan seperti yang dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut

Tabel 2. Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah di toleransikan (ASTM C-39, 1993).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefesien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefesien}}$$

Dimana:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \text{kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm}^2\text{)}.$$

$$f(\text{saat pengujian}) = \text{kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}.$$

$$\text{Koefisien} = \text{koefisien dari umur beton.}$$

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 4 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 3. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodimuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1,00

2.12 Bahan Tambah

Berdasarkan SNI 03-2495-1991, Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Bahan tambahan juga suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan, dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat beton.

Pemberian bahan tambah pada adukan beton dengan maksud untuk: memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 2007).

Tri Mulyono (2004) membagi bahan tambah yang digunakan dalam beton menjadi 2 yaitu bahan tambah kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah mineral (*additive*). Bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan bahan tambah mineral (*additive*) bersifat penyemenan dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja kekuatan beton. Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran, sedangkan bahan tambah *additive* ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan.

Tri Mulyono (2004) membagi bahan tambah yang digunakan dalam beton menjadi 2 yaitu:

2.12.1 Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Berdasarkan SNI 03-2495-1991, bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan, dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat beton.

Pemberian bahan tambah pada adukan beton dengan maksud untuk: memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 2007).

Bahan tambah kimia yang banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja beton mutu tinggi umumnya bersifat memperbaiki kelecakan. Bahan tambah ini dikelompokkan kedalam high range water reducing admixtures. Water reducing admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

Bahan tambah kimia (*Chemical Admixture*) ada bermacam-macam. Menurut ASTM, bahan tambah kimia itu terbagi menjadi:

1. Tipe A. Mengurangi air (*Water-Reducing Admixtures*) adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B. Memperlambat pengikatan (*Retarding Admixtures*) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton.

3. Tipe C. Mempercepat pengikatan (*Accelerating Admixtures*) adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D - *Water Reducing and Retarding Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
5. Tipe E - *Water Reducing and Accelerating Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.
6. Tipe F - *Water Reducing, High Range Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.
7. Tipe G - *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

2.12.2 Bahan Tambah Mineral

Bahan tambah mineral (*additive*) merupakan bahan yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton, lebih banyak digunakan untuk kinerja tekan

beton. Beberapa bahan tambah mineral adalah pozzolan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral antara lain (Cain, 1994: 500-508) dalam Tri Mulyono (2004):

- (a) Memperbaiki kinerja *workability*.
- (b) Mengurangi panas hidrasi
- (c) Mengurangi biaya pengerjaan
- (d) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
- (e) Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika
- (f) Mempertinggi usia beton
- (g) Mempertinggi keawetan beton
- (h) Mengurangi penyusutan

2.13 Faktor Air Semen

Faktor air semen dapat ditentukan berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan. Faktor air semen yang rendah, merupakan faktor yang paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan. Gambar 2.1 menjelaskan bahwa idealnya semakin rendah faktor air semen, kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka dibawah faktor tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton menjadi lebih rendah. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodinuljo, 1992). Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan nilai maksimumnya 0,65 (Trimulyono, 2003). Untuk

membuat beton bermutu tinggi faktor air semen yang dipergunakan antara 0,28 sampai dengan 0,38.

2.14 Slump Flow

Pada umumnya, *Slump-flow* test digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) dengan slump terendah yang masih mungkin untuk dapat dikerjakan dan dipadatkan dengan tepat. *Slump-flow* test dapat dipakai untuk menentukan *filling ability* baik di laboratorium maupun dilapangan. Pengujian ini dapat memperoleh kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 600 – 750 mm. Adanya penambahan HRWR, sangat efektif dalam pengisian rongga kosong (*voids*) antara tulangan yang sangat rapat.

2.15 Setting Time Semen

Menurut SNI 03-6827-2002, waktu pengikatan semen merupakan suatu proses yang bertahap, maka setiap definisi dari waktu pengikatan beton harus diperlakukan secara tidak tetap. Pada metode uji dengan ketahanan penetrasi ini waktu yang dibutuhkan mortar untuk mencapai nilai-nilai ketahanan penetrasi yang telah ditentukan untuk menetapkan dari waktu pengikatan beton. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari binder beton geopolimer.

Standar pengujian setting time adalah SNI-03-6825-2002.tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat *vicat test* atau *setting time* untuk pekerja sipil. Waktu ikat awal akan ditentukan dari grafik penetrasi waktu,yaitu dimana penetrasi jarum *vicat* mencapai nilai 25 mm.

2.16 Perawatan Beton (*Curing*)

Proses curing dilaksanakan dengan cara merendam beton dalam bak yang berisi air sampai waktu pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Proses perawatan (*curing*) ini dilakukan sehari atau 24 jam setelah proses pencetakan beton

2.17 Benda Uji

Benda uji desain secara teoritis yang mengacu pada Standard Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000) tentang cara Pembuatan Beton Normal. Mutu beton yang disyaratkan untuk benda uji selinder adalah $f'c = 35$ MPa. Benda uji berbentuk selinder Ø 15 cm dan tinggi 30 cm.

Pada pengujian ini, benda uji dibuat dari empat komposisi :

- a. Menggunakan Batu Pecah (*Split*)
- b. Menggunakan Semen Portland Tipe I merk semen padang
- c. Menggunakan Pasir sungai
- d. Menggunakan sika fume



Gambar 8. Pemodelan benda uji

2.18 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Kuat Tekan

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya yaitu :

Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat lentur. Efisiensi dari perawatan kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat-hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama. Umur. Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.

2.19 Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekannya

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban. Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 Mpa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan dilentur dulu sebelum

diberi beban. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus misalnya gedung bertingkat sangat banyak. Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Tabel 5 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya.

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana (<i>plain concrete</i>)	Sampai 10 Mpa
Beton normal	10 – 30 Mpa
Beton pratgang	30 – 40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

2.20 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut.

$$E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'c} \quad \text{untuk } W_c = 1,5 - 2,5$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad \text{untuk beton normal}$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton, MPa.

W_c = berat jenis beton, Kg/cm³

$f'c$ = kuat tekan beton, MPa.

2.21 Rangkak Susut Beton

Rangkak (*creep*) atau lateral material *flow* didefinisikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan akibat tambahan beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu

dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Nilai rangkai untuk beton mutu tinggi lebih kecil dibandingkan dengan beton mutu rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rangkai dan susut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat).
2. Rasio air terhadap jumlah semen (water cement ratio).
3. Suhu pada saat pengerasan (temperature).
4. Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (humidity).
5. Umur beton pada saat beban bekerja
6. Nilai slump (slump test).
7. Lama pembebanan
8. Nilai tegangan.
9. Rasio permukaan komponen struktur

2.21.1 Berat Jenis Beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

Jenis beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktut
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30 – 2,50	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar x

2.22 Karakteristik Campuran Beton Fc 20

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi viscoelastic-solid. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan preventif terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pasta semen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta kristalin yang terjadi untuk pembentukan porinya.

Sifat dan Karakteristik Bahan Penyusun Selain kekuatan pasta semen, hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Karena proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80 %, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknikan. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya

Metode Pencampuran

Penentuan Proporsi Bahan (Mix Design)

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (mix design). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

- 1) Metode American Concrete Institute
- 2) Portland Cement Association
- 3) Road Note
- 4) British Standard, Departement of Engineering
- 5) Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan (6). Cara coba coba.

Metode Pencampuran (*Mixing*)

Metode pencampuran dari beton diperlukan untuk mendapatkan kelecakan yang baik sehingga beton mudah dikerjakan. Metode pengadukan atau pencampuran beton akan menentukan sifat kekuatan dari beton, walaupun rencana campuran baik dan syarat mutu bahan telah terpenuhi. Pengadukan yang tidak baik akan menyebabkan terjadinya bleeding, dan hal lain-lain yang tidak dikehendaki.

Pengecoran (*Placing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika syarat-syarat pengecoran tidak terpenuhi, kemungkinan besar kekuatan tekan yang direncanakan tidak akan tercapai.

Pemadatan (*Vibrating*)

Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya bleeding.

Perawatan (*Curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan ini tidak hanya

dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi ukur. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

Kondisi Pada Saat Pengerjaan Pengecoran

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor tersebut antara lain :

- 1) Bentuk dan ukuran contoh
- 2) Kadar air
- 3) Suhu contoh
- 4) Keadaan permukaan landasan
- 5) Cara pembebanan.

2.23 Beton Segar

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah *workability* (kemudahan pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

Workability (Kemudahan Pengerjaan)

Kemudahan pekerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Percobaan slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain : jumlah air pencampur,

kandungan semen, gradasi campuran pasir dan kerikil, bentuk butiran agregat kasar, butir maksimum, cara pemadatan dan alat pemadatan

Segregation (Pemisahan Kerikil)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya : (1). Campuran kurus atau kurang semen, (2). Terlalu banyak air, (3). Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm, dan (4). Permukaan butir agregat kasar. Semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi. Kecenderungan segregasi ini dapat dicegah jika : (1). Tinggi jatuh diperpendek, (2). Penggunaan air sesuai syarat, (3). Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, (4). Ukuran agregat sesuai dengan syarat, dan (5). Pemadatan baik.

Bleeding (Naiknya Air)

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). Bleeding ini dipengaruhi oleh : susunan butir agregat, banyaknya air, kecepatan hidrasi dan proses pemadatan. Bleeding dapat dikurangi dengan cara : (1). Memberi banyak semen, (2). Menggunakan air sesedikit mungkin, (3). Menggunakan butir halus lebih banyak, dan (4). Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton normal $f^c = 20$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat dapat mengetahui pengaruh substitusi pasir dengan limbah bubut terhadap kuat tekan beton.

Adapun metode pengumpulam data adalah data primer (sumber langsung) dan data sekunder (tidak langsung). Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil penelitian, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu berupa jurnal-jurnal penelitian terdahulu, review dan studi kepustakaan dan buku-buku yang berkaitan dengan judul penelitian ini.

3.2 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan penelitian haruslah dilakukan tahap atau prosedur pengerjaan penelitian, hal itu bertujuan agar penelitian dapat dilakukan dengan baik dan benar sesuai perencanaan dan untuk mendapatkan hasil yang maksimal disaat penelitian telah selesai dilakukan.

3.3 Tahap pelaksanaan penelitian

Tahapan –tahapan pelaksanaan penelitian dalam secara garis besar adalah secara berikut.

1. Persiapan alat dan material

Dalam melaksanakan penelitian perlu dilakukan persiapan antaranya perizinan pemakaian laboratorium, pengumpulan data, persiapan alat penelitian dan persiapan blangko isian data.

2. Pemeriksaan agregat

Adapun pemeriksaan agregat terdiri dari analisa saringan, berat jenis, berat isi, kadar lumpur, kadar air dan keausan agregat kasar.

3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton berdasarkan metode SNI 2847-2013.

4. Pembuatan beton segar

Dalam penelitiann ini pembuatan beton segar menggunakan mesin molen. Dimana bahan akan tercampur merata dalam mesin molen.

5. Pembuatan benda uji

Benda uji yang dibuat dengan menggunakan silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm pembuatan benda uji ini perlu diperhatikan saat pemadatan karena sangat mempengaruhi kuat tekan benda uji tersebut.

6. Perawatan (*curing*)

Perawatan dilakukan dengan cara perendaman benda uji ke dalam bak yang berisi air, perendaman dilakukan selama 49 hari dikarenakan disaat perawatan beton umur 28 hari alat uji kuat tekan beton sedang dikirim ke bandung untuk dikalibrasi maka harus menunggu alat uji tekan beton tersebut sampai selesai dikalibrasi.

7. Pengujian kuat tekan dan pengujian kuat tarik belah

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton bertujuan untuk mencari perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah rencana dengan kuat tekan dan kuat tarik belah yang dihasilkan untuk di jadikan ukuran/patokan dilapangan.

8. Analisa data

Analisa data didapat setelah pengujian benda uji. Mengecek hasil dari percobaan yang dilakukan dengan teliti

9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran bertujuan menyimpulkan apa yang telah didapat dari hasil penelitian dan saran memberi saran kepada peneliti selanjutnya dan bagi para kontruksi.

3.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini yaitu:

1 Semen

Semen yang digunakan adalah semen *portland*

2 Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan dari laboratorium Beton Fakultas Universitas Katolik Santo Thomas

3 Agregat kasar (kerikil)

4 Agregat halus yang digunakan dari laboratorium Beton Fakultas

5 Universitas Katolik Santo Thomas

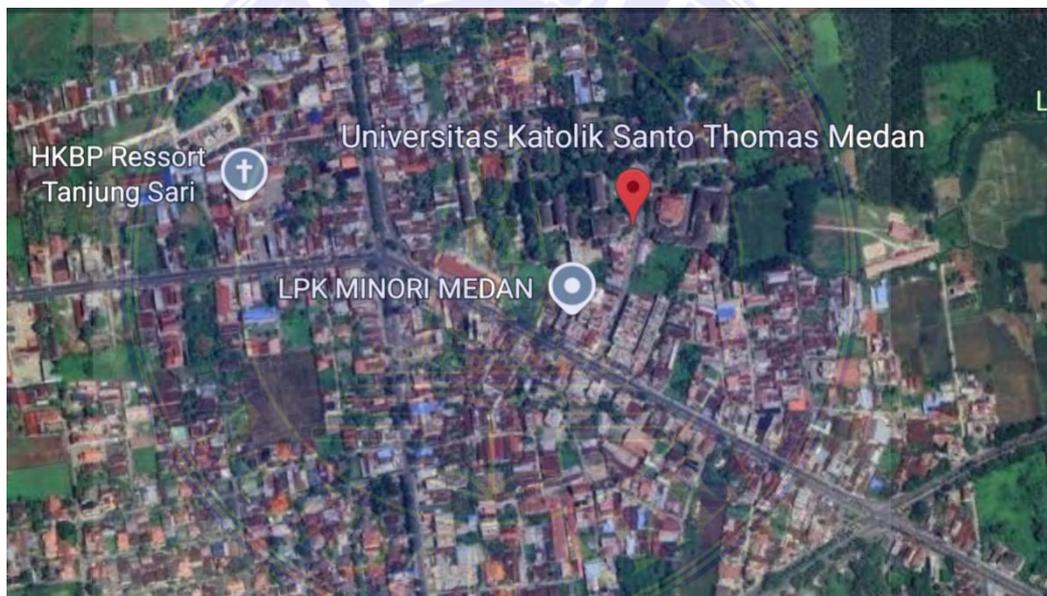
6 Air yang digunakan dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

7 Limbah Bubut

Limbah Bubut yang dapat Digunakan sebagai serat besi Bengkel bubut memperbaiki mesin yang rusak akan menghasilkan limbah yang terkelupas.

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas yang beralamat di jalan Unika Kec.Medan Selayang,Kota Medan ,Sumatra Utara.



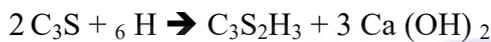
Gambar 9. Lokasi Penelitian Universitas Katolik Santo Thomas (google maps, 2024)

3.6 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan Standart SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan

yang ada di Indonesia. Untuk melakukannya harus menyesuaikan tahapan yang benar agar menghasilkan beton yang sempurna.

Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian *slump*. Proses pengerasan beton dimulai dengan terjadinya proses hidrasi semen yang merupakan pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* (C3S2H3) dari Tricalcium Silicate, Dicalcium Silicate dan air.



C₃S₂H₃ merupakan senyawa yang memperkuat beton, sedangkan Ca (OH)₂ (kapur mati) adalah senyawa poros yang memperlemah beton. Dengan adanya unsur silika tambahan dari bahan tambah semen diharapkan Ca (OH)₂ (kapur mati) akan bereaksi kembali dengan silika tersebut dan membentuk C₃S₂H₃ yang mengurangi terbentuknya Ca (OH)₂ sehingga dapat mempertinggi beton reaksi unsur silika dengan kapur bebas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



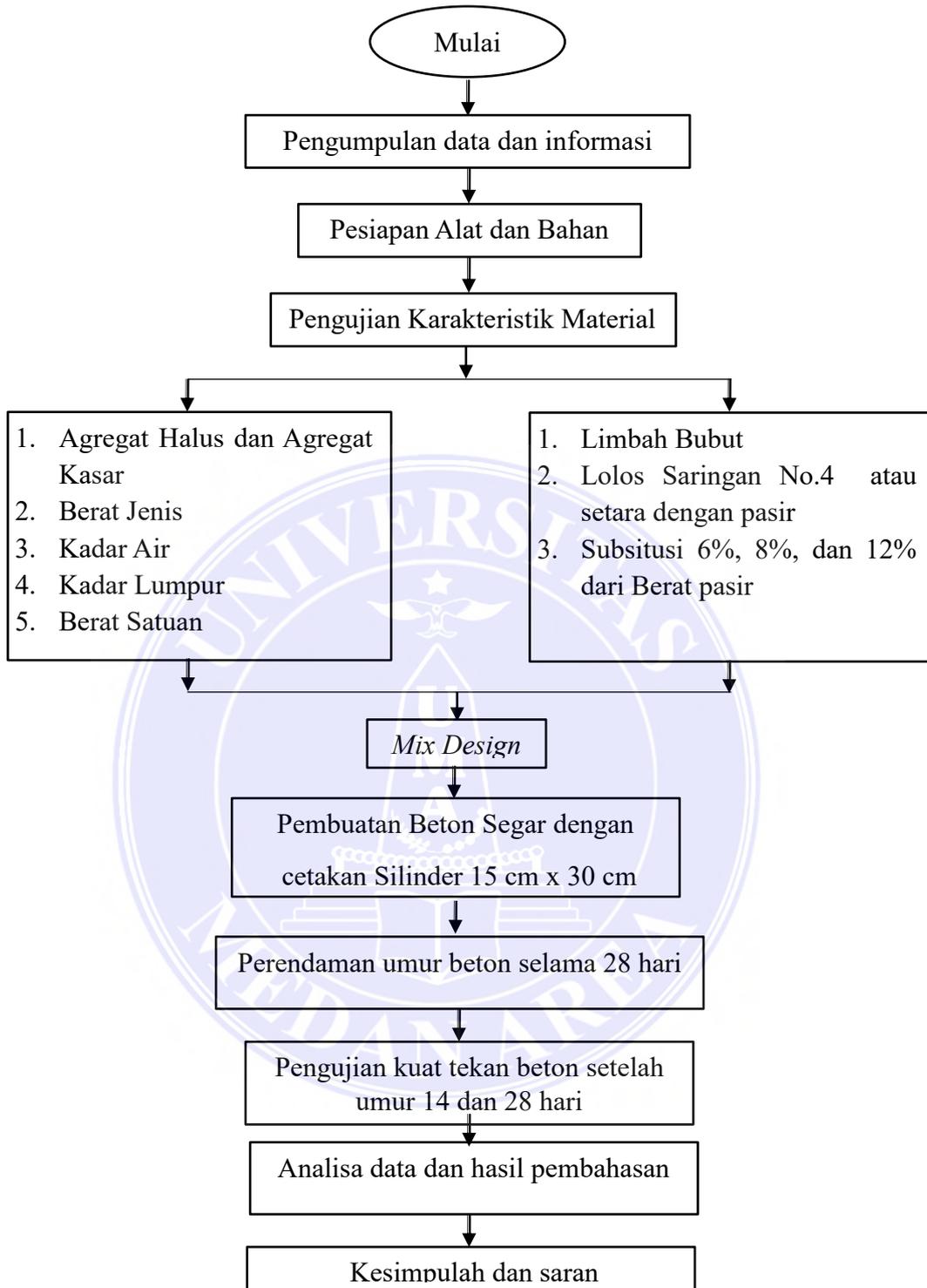
Perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampur dan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Pemilihan dari bahan dan cara konstruksi tidak mudah dikerjakan, karena terdapat variasi yang mempengaruhi kualitas dari beton yang dihasilkan dalam hal ini kualitas dan faktor ekonomis.

3.7 Bagan Alur

Agar penelitian ini tersusun dan terstruktur dengan rapi maka peneliti membuat bagan alur agar memudahkan dalam mengerjakan skripsi mulai dari

mengidentifikasi masalah pengumpulan data sampai akhir penyelesaian, untuk gambar bagan alur disajikan dalam Gambar 10 sebagai berikut :





Gambar 10. Bagan alur

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut :

Beton Normal

- 14 hari = 9,92 MPa
- 28 hari = 9.54 MPa

Beton Campuran Limbah Bubut 6%

- 14 hari = 8.10 MPa
- 28 hari = 8.88 MPa

Beton Campuran Limbah Bubut 8%

- 14 hari = 7.17 MPa
- 28 hari = 7.15 MPa

Beton Campur Limbah Bubut 12%

- 14 hari = 7.95 MPa
- 28 hari = 7.20 MPa

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan campuran limbah bubuk tidak mencapai kekuatan yang di standarkan oleh SNI dimana paling sedikit kuat tekan adalah 17 MPa dengan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan campuran limbah tersebut tidak lah dapat atau bisa di katakan tidak efektif untuk digunakan. Karena dari hasil yang di dapat menurun dengan perencanaan *mix design* awal yaitu 20 MPa. Ada beberapa faktor yang bisa jadi kemungkinan besar mengapa penelitian yang di lakukan tidak mencapai paling sedikit nya untuk

kuat tekan rencana awal adapun faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu beton adalah sebagai berikut

1. Karena pada saat melakukan pengadukan menggunakan tenaga manual tanpa menggunakan bantuan alat yang digunakan.
2. Dengan menggunakan tenaga manual, juga penulis menggunakan ayakan biasa untuk menyaring pasir, sehingga tidak mencapai pada standar yang diterapkan di SNI.
3. Menggunakan alas yang tidak sesuai dengan yang di standarkan oleh SNI

Dari pertimbangan yang telah dijelaskan, kemungkinan – kemungkinan besar yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu beton yang ingin dicapai atau bahkan tidak mencapai dari kuat beton rencana awal yang diinginkan.

5.2 Saran

Penulis telah melakukan dengan optimis untuk dapat menyelesaikan penelitian ini dengan tepat waktu dan dengan hasil yang terbaik, dimana penulis menggunakan campuran limbah bubuk dengan hasil yang didapat ternyata malah menurunkan kekuatan dari rencana awal yaitu 20 MPa. Oleh karena itu penulis dapat memberi saran agar campuran yang lain mungkin bisa digunakan, seperti campuran cangkang kemiri atau bisa juga untuk campuran lainnya, penghalusan limbah bubuk dengan cara ditumbuk-tumbuk hingga halus menggunakan palu dan menggunakan sarung tangan. Dan untuk melakukan pencampuran material haruslah menggunakan alat molen agar bahan dan material tercampur merata dan harus menggunakan cetakan yang standart agar mendapatkan mutu yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiya Ulhadi (2018). Pengaruh Substitusi Halus Pasir Dengan Limbah Tembaga (*copper slag*) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, FC' MPa
- Afif, A. (2019). Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi (*Abu Batu Effect As Subtitusion Of Fine Aggregate And Addition Of Superplasticizer Characteristics On High Quality Concrete*) (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Indonesia).
- Anggara Yunanda (2022). Analisis pengaruh penambahan serat limbah bubuk Logam besi terhadap kuat tekan beton f'c 25 mpa
- Defa Nanda Rahmat (2024). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton
- Erlina, E., Iskandar, M. R., & Pohan, N. A. (2022). *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BUBUT BESI TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. *CivETech*, 4(2), 1-16.
- Erfan Nugroho (2022). Pengaruh Substitusi Limbah Geodipa dan Variasi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton
- Hadi, P. N., & Setiawan, A. A. (2019). Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *WIDYAKALA JOURNAL: JOURNAL OF PEMBANGUNAN JAYA UNIVERSITY*, 6(1), 77-83
- Lestari, W. (2017). Pengujian Komposisi Campuran Beton Mutu K-250 Berdasarkan Sni 7394: 2008 dengan Menggunakan Material Alami

Gorontalo (Quarry Sungai Bone). RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi, 5(1), 72-83.

Paskalinus Dakhi (2024). Analisis Modulus Geser Tanah Berdasarkan SPT pada Proyek Reklamasi Belawan *Phase I*

Puja Nifta Hadi (2019). Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

SAPUTRA, A. R. (2022). ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN SERAT LIMBAH BUBUT LOGAM BESI TERHADAP KUAT TEKAN BETON F'C 25 MPa (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Purwokerto).

Saifuddin, M. I., Edison, B., & Fahmi, K. (2014). Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Mahasiswa Teknik, 1(1).

Udin, R. S. (2021). STUDI PENGGUNAAN LIMBAH BUBUT DALAM CAMPURAN BETON (Doctoral dissertation, Universitas Islam Lamongan).

Yunanda, A., Imani, R., & Nasmirayanti, R. (2022). Kuat tekan beton dengan substitusi parsial sisa bubut besi sebagai agregat halus. Construction And Material Journal, 4(2), 101-108.

LAMPIRAN



Slump Test



Saringan



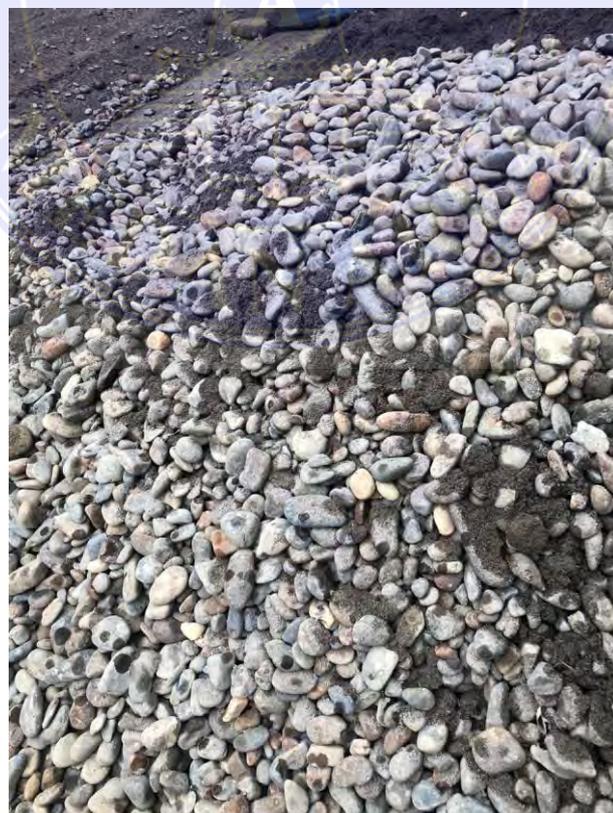
Limbah Bubut



Proses penyaringan limbah bubut



Pasir



Kerikil



Dokumen



Penimbangan limbah bubuk



Silinder



Beton silinder



Proses pengeringan



Slump test



Dokumentasi



Dokumentasi



Dokumentasi



Dokumentasi

Lokasi : -
 Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30) Kap. 2000 KN
 Mutu Benda Uji : K.250
 Jumlah Benda Uji : 8

No	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton (kg/cm ²)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji		(kN)	(Kg)		
1	BTN - 1	30	15	2	176,625	12,229	13-01-2024	27-01-2024	14	160,00	16175,52	101,757	1
2	BTN - 2	30	15	2	176,625	12,405	13-01-2024	27-01-2024	14	155,00	15670,04	98,577	2
3	LB 6 % - 1	30	15	2	176,625	11,993	13-01-2024	27-01-2024	14	155,00	15670,04	98,577	3
4	LB 6 % - 2	30	15	2	176,625	12,486	13-01-2024	27-01-2024	14	105,00	10615,19	66,778	2
5	LB 8 % - 1	30	15	2	176,625	12,323	13-01-2024	27-01-2024	14	125,00	12637,13	79,498	1
6	LB 8 % - 2	30	15	2	176,625	11,369	13-01-2024	27-01-2024	14	105,00	10615,19	66,778	1
7	LB 12 % - 1	30	15	2	176,625	12,620	13-01-2024	27-01-2024	14	120,00	12131,64	76,318	1
8	LB 12 % - 2	30	15	2	176,625	12,808	13-01-2024	27-01-2024	14	135,00	13648,10	85,857	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantar satu)

Manajer Teknis
 Medan, 29 Januari 2024
 Manajer Puncak

Hasil dari hari ke-14

Mutu Benda Uji : K.250
 Jumlah Benda Uji : 10

No	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton (kg/cm ²)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji		(kN)	(Kg)		
1	BTN - 1	30	15	2	176,625	12,325	15-01-2024	12-02-2024	28	180,00	18197,46	103,029	1
2	BTN - 2	30	15	2	176,625	12,403	15-01-2024	12-02-2024	28	160,00	16175,52	91,581	1
3	LB 6 % - 1	30	15	2	176,625	12,995	15-01-2024	12-02-2024	28	170,00	17186,49	97,305	2
4	LB 6 % - 2	30	15	2	176,625	12,406	15-01-2024	12-02-2024	28	155,00	15670,04	88,719	2
5	LB 6 % - 3	30	15	2	176,625	12,339	15-01-2024	12-02-2024	28	150,00	15164,55	85,857	1
6	LB 8 % - 1	30	15	2	176,625	13,382	15-01-2024	12-02-2024	28	130,00	13142,61	74,410	1
6	LB 8 % - 2	30	15	2	176,625	12,364	15-01-2024	12-02-2024	28	125,00	12637,13	71,548	2
6	LB 12 % - 1	30	15	2	176,625	13,369	15-01-2024	12-02-2024	28	120,00	12131,64	68,686	1
9	LB 12 % - 2	30	15	2	176,625	12,623	15-01-2024	12-02-2024	28	135,00	13648,10	77,272	1
10	LB 12 % - 3	30	15	2	176,625	12,809	15-01-2024	12-02-2024	28	130,00	13142,61	74,410	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantar satu)

Manajer Teknis
 Medan, 13 Februari 2024
 Manajer Puncak

Hasil dari hari ke-28