

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT
PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN
BETON**

SKRIPSI

OLEH:

**HUAN MANULLANG
198110099**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 4/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/12/23

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil
Universitas Medan Area



Oleh:

**HUAN MANULLANG
198110099**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/12/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)4/12/23

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran
Beton Terhadap Kuat Tekan Beton.
Nama : Huan Manullang
NPM : 198110099
Fakultas : Teknik Sipil

Disetujui Oleh :

Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, ST.,MT
Pembimbing

Mengetahui :



Dr. Ramadani Sidiq, S.Kom., M.Kom
Dekan Fakultas Teknik

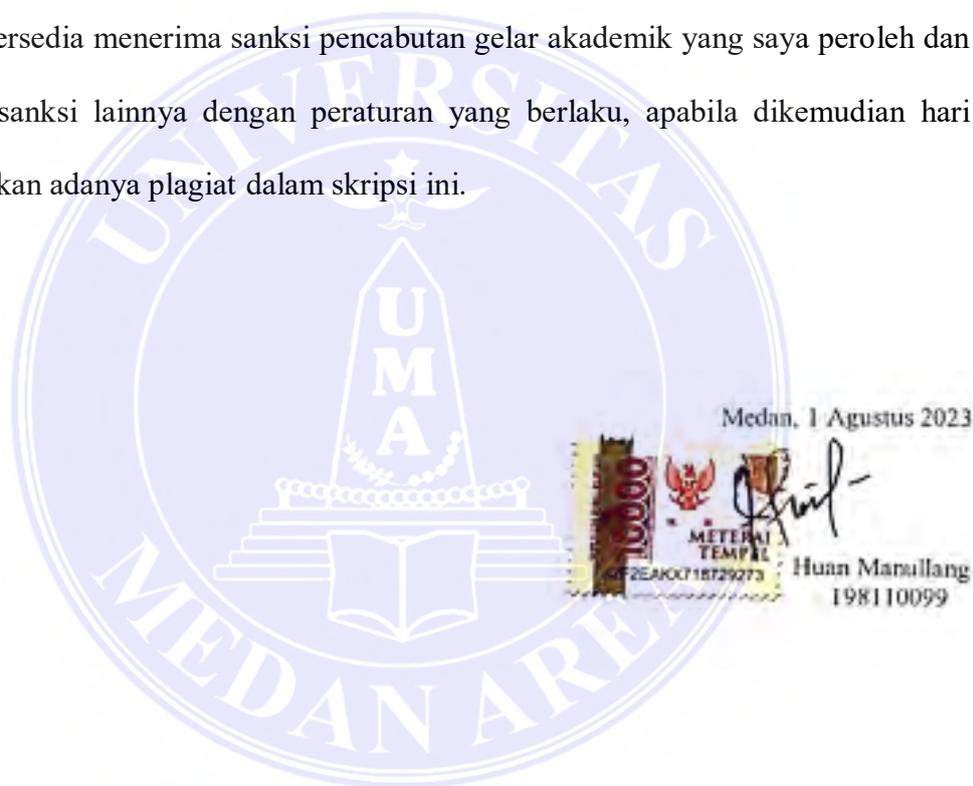


Wulandari, ST.,MT
Prod. Teknik Sipil

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya 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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Huan Manullang

NPM : 198110099

Program Studi : Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

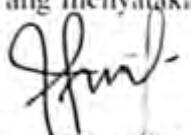
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : 1 Agustus 2023

Yang menyatakan

(Huan Manullang)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, pada tanggal 31 Desember 1999 dari ayah Paima Santo Manullang dan ibu Porman Marsinta Siagian. Penulis merupakan putra pertama dari lima bersaudara. Penulis mempunyai 2 saudara laki-laki dan juga 2 saudara perempuan.

Alamat tinggal penulis di Jalan Gereja Jetun, Gg.Warga no.50, Tanjung Gusta Medan, dan tinggal bersama wali yaitu Kakek dan Nenek. Kakek bekerja sebagai tukang bangunan dan Nenek sebagai ibu rumah tangga.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMK Raksana Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di proyek pembangunan Irian Setia Budi Medan yang berada di dekat kampus 2 Universitas Medan area. Selama kuliah di Universitas Medan Area, penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan dan juga pelatihan baik di dalam kampus maupun diluar kampus.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis sampaikan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala berkat dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton”.

Perkenankanlah saya sebagai penulis untuk mengucapkan rasa terimakasih yang kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan ST., MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan saran dan masukan kepada saya. Dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ayah, Ibu, Bunda, dan Opung saya yang telah menjadi semangat hidup saya dan tiada pernah berhenti menyayangi saya dan mendukung saya sampai pada saat ini. Teruntuk Grace Monica Batubara terimakasih atas suport, semangat, dan juga dukungan yang tak pernah berhenti kepada saya.

Penulis Menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki kekurangan yang ada di dalamnya, terlepas dari kekurangan dan kesalahan yang ada dalam Skripsi ini, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata saya ucapkan banyak terima kasih.

Medan, 1 Agustus 2023

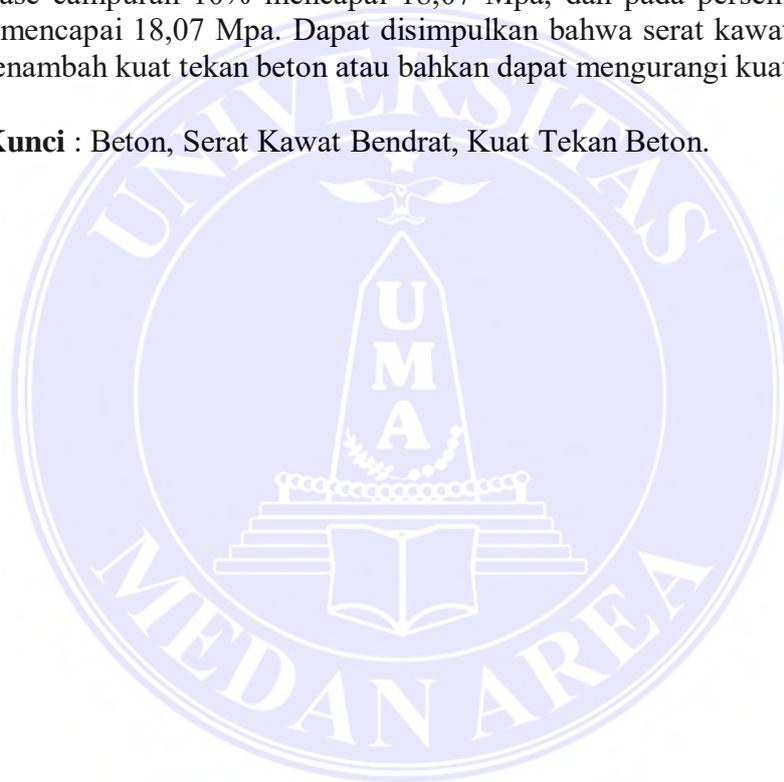
Hormat Saya,

Huan Manullang
19811009

ABSTRAK

Beton memiliki kuat tekan beton yang berbeda-beda pada setiap jenis campuran berdasarkan perencanaan. Kuat tekan beton dapat dibuat berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan dan fungsi penggunaan yang diinginkan. Dalam skripsi ini bertujuan untuk mengetahui perubahan pada kuat tekan beton normal saat ditambahkan campuran serat kawat bendrat kedalam adukan beton. Metode penelitian yang akan dilakukan adalah metode eksperimen, yaitu dengan mencampurkan serat kawat bendrat kedalam adukan beton normal dengan 3 macam variasi persentase yaitu 7,5%, 10%, dan 12,5%, dan umur perawatan beton uji selama 14 dan 28 hari yang direndam didalam air. Hasil kuat tekan beton yang didapat dari pengujian mengalami penurunan setelah dicampurkan dengan serat kawat bendrat yaitu pada persentase campuran 7,5% mencapai 18,38 Mpa, persentase campuran 10% mencapai 18,07 Mpa, dan pada persentase campuran 12,5% mencapai 18,07 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa serat kawat bendrat tidak bisa menambah kuat tekan beton atau bahkan dapat mengurangi kuat tekan beton.

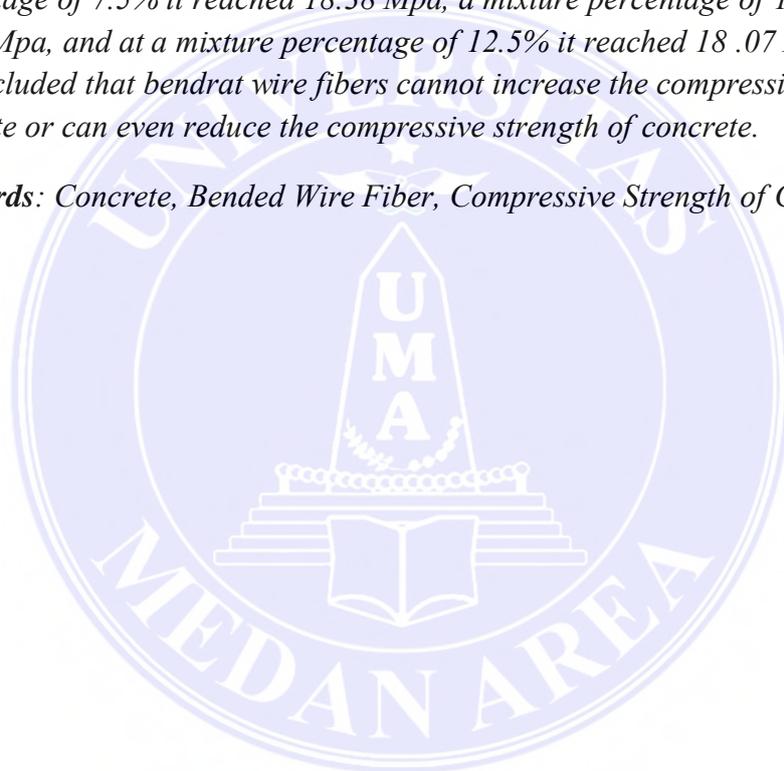
Kata Kunci : Beton, Serat Kawat Bendrat, Kuat Tekan Beton.



ABSTRACT

Concrete has a different compressive strength for each type of mixture based on planning. The compressive strength of concrete can be made different according to the needs and desired use function. In this thesis, the aim is to determine changes in the compressive strength of normal concrete when a mixture of bendrat wire fibers is added to the concrete mix. The research method that will be carried out is an experimental method, namely by mixing bendrat wire fibers into normal concrete mix with 3 kinds of percentage variations, namely 7.5%, 10%, and 12.5%, and the curing age of the test concrete is 14 and 28 days. soaked in water. The compressive strength results of the concrete obtained from the test decreased after being mixed with bentrat wire fiber, namely at a mixture percentage of 7.5% it reached 18.38 Mpa, a mixture percentage of 10% reached 18.07 Mpa, and at a mixture percentage of 12.5% it reached 18.07 Mpa. It can be concluded that bendrat wire fibers cannot increase the compressive strength of concrete or can even reduce the compressive strength of concrete.

Keywords: Concrete, Bended Wire Fiber, Compressive Strength of Concrete.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACK.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori.....	4
2.2 Penelitian Terdahulu.....	8
2.3 Perbedaan Hasil Penelitian.....	10
2.4 Karakteristik Bahan	12
2.4.1 Beton.....	13
2.4.2 Agregat.....	14
2.4.3 Semen Portland.....	21
2.4.4 Air.....	25
2.4.5 Steel Fiber (Serat Kawat).....	26
2.4.6 Kuat Tekan.....	27
2.5 Regangan PadaBeton.....	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Bahan Dan Benda Uji	33
3.2 Alat.....	34
3.3 Prosedur Penelitian	35
3.3.1 Tahap Pemeriksaan Bahan.....	35
3.4 Desain Percobaan.....	36
3.5 Tahap Perancangan adukan.....	37
3.6 Tahap Pengadukan Beton.....	37
3.7 Tahap Perawatan.....	39
3.8 Tahap Pengujian	39
3.9 Bagan Alur Penelitian	40

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Mix Design Yang Diterapkan.....	41
4.2	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun.....	45
4.2.1	Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Semen.....	46
4.3	Analisa Saringan Agregat Halus	48
4.4	Analisa Saringan Agregat Kasar	50
4.5	Bentuk Agregat.....	52
4.5.1	Tekstur Permukaan Butir.....	53
4.5.2	Berat Jenis Agregat	53
4.5.3	Ukuran Maksimum Agregat	54
4.5.4	Gradasi Agregat	54
4.5.5	Kadar Air Agregat.....	54
4.5.6	Kekuatan Dan Keuletan Agregat	55
4.6	Analisa Dan Pembahasan.....	55
4.7	Pengujian Workability	56
4.8	Nilai Slump.....	57
4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	59
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
LAMPIRAN	GAMBAR	65
DAFTAR	PUSTAKA	69

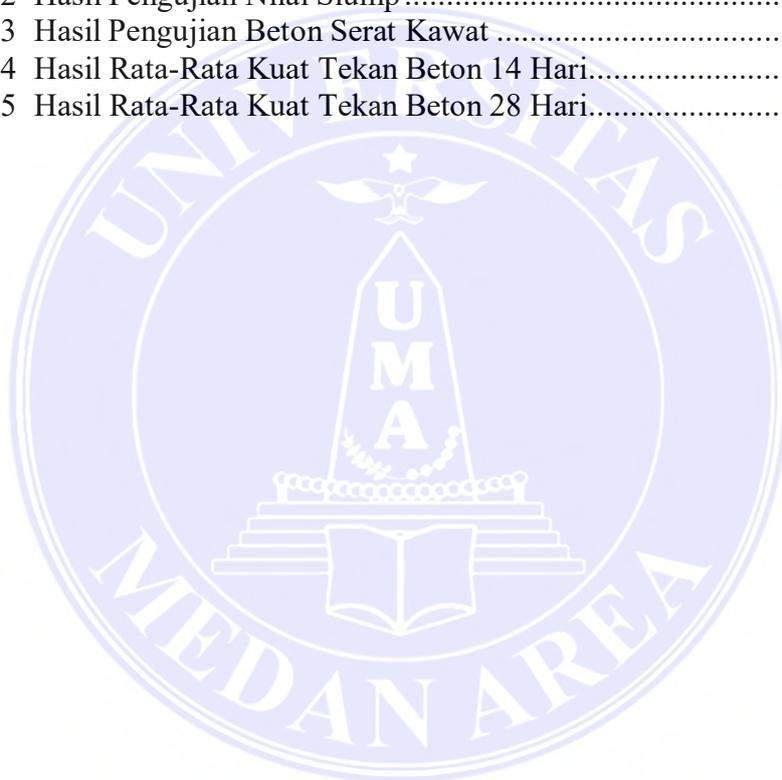
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Dimensi Silender Beton Uji	28
Gambar 2	Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Air Semen.....	29
Gambar 3	Hubungan Antara Umur Dan Kuat Tekan Beton	29
Gambar 4	Diagram Tegangan-Regangan Silinder Beton.....	31
Gambar 5	Bahan Penyusun Beton Uji	45
Gambar 6	Grafik Kadar Air Bebas	46
Gambar 7	Saringan Agregat	48
Gambar 8	Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	50
Gambar 9	Analisa Saringan Agregat Kasar.....	51
Gambar 10	Pengujian Nilai Slump Beton.....	57
Gambar 11	Diagram Hasil Nilai Slump	58
Gambar 12	Silinder Beton Siap Uji	59
Gambar 13	Diagram Hasil Kuat Tekan Beton Uji.....	61



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Perbandingan Perbedaan Penelitian	12
Tabel 2	Batas Gradasi Agregat Halus	20
Tabel 3	Batas Gradasi Agregat Kasar	20
Tabel 4	Susunan Oksida Semen	24
Tabel 5	Sifat Macam Kawat	27
Tabel 6	Total Kebutuhan Bahan	44
Tabel 7	Total Kebutuhan Campuran	44
Tabel 8	Data Hasil Setting Time.....	47
Tabel 9	Analisa Saringan Agregat Halus	49
Tabel 10	Analisa Saringan Agregat Kasar	50
Tabel 11	Gabungan Antara Agregat Halus Dan Agregat Kasar.....	51
Tabel 12	Hasil Pengujian Nilai Slump	57
Tabel 13	Hasil Pengujian Beton Serat Kawat	60
Tabel 14	Hasil Rata-Rata Kuat Tekan Beton 14 Hari.....	61
Tabel 15	Hasil Rata-Rata Kuat Tekan Beton 28 Hari.....	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti yang diketahui beton normal terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan juga air sebagai bahan bakunya. Pada beton juga memiliki istilah yang dinamakan kuat tekan beton, beton memiliki kuat tekan yang berbeda-beda berdasarkan komposisi campuran beton yang akan direncanakan.

Latar belakang penulis mengambil topik ini adalah untuk mengetahui perubahan apa yang terjadi pada kuat tekan beton apabila ditambahkan dengan campuran serat kawat bendrat. Apakah kuat tekan beton akan naik apabila ditambahkan dengan campuran serat kawat bendrat, atau bahkan yang terjadi akan sebaliknya.

Berbagai macam serat yang bisa digunakan untuk bahan campuran tambahan pada beton adalah baja, kaca, plastik, dan karbon. Untuk keperluan non struktural, fiber dari bahan alami seperti ijuk, atau serat tumbuh-tumbuhan yang lain juga dapat digunakan. Kawat bendrat merupakan bahan material terpilih sebagai bahan yang dapat mengurangi penggunaan agregat kasar pada beton. Serat kawat bendrat memiliki modulus elastisitas yang paling tinggi diantara serat lainnya, yang akan meningkatkan penyerapan energi, mengontrol retak, dan meningkatkan daktilitas beton.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan, dan kuat tarik beton pada konsentrasi serat lurus kawat bendrat dengan panjang serat 3 cm dan diameter 0,1 cm dengan komposisi campuran 7,5 %, 10%, dan 12,5% (dari berat agregat kasar campuran beton uji).

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui Perbedaan kuat tekan beton normal yang diuji pada umur 14 hari dan 28 hari.
2. Memperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton setelah ditambahkan dengan serat kawat bendrat diumur beton 14 hari dan 28 hari pada setiap persentase campuran.
3. Mengetahui nilai optimal kuat tekan beton pada pada setiap persentase campuran serat kawat bendrat diumur beton 28 hari.
4. Untuk mengetahui apakah serat kawat bendrat dapat menaikkan kuat tekan beton atau sebaliknya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Mengetahui manfaat dari serat kawat bendrat terhadap penambahan kedalam campuran beton.
2. Mengetahui perbandingan kekuatan pada beton normal dan beton yang sudah ditambah dengan serat kawat bendrat.
3. Mengetahui perubahan yang terjadi pada kuat tekan dan kuat tarik pada beton setelah ditambah campuran serat kawat bendrat.

4. Mendapatkan hasil yang maksimal terhadap penelitian yang akan dilakukan guna menambah pengetahuan dan wawasan peneliti.

1.5 Batasan Masalah

Agar Masalah dapat lebih sederhana, maka perlu dibuat batasan dalam proposal skripsi ini yaitu:

1. Mengetahui perubahan apa yang terjadi pada kuat tekan beton setelah ditambahkan campuran serat kawat bendrat.
2. Mengetahui perubahan apa yang terjadi pada kuat tarik beton setelah ditambahkan campuran serat kawat bendrat.
3. Spesifikasi serat kawat bendrat yang akan dimasukkan dalam pengujian adalah dengan panjang 3 cm dan ketebalan 0,1 cm.
4. Komposisi campuran serat kawat bendrat yang akan diuji pada campuran beton adalah 7,5%, 10%, dan 12,5% terhadap berat beton uji.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton” ini dibagi menjadi 5 bab sebagai pokok bahasan sebagai berikut:

BAB I	PENDAHULUAN
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA
BAB III	METODE PENELITIAN
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Beton secara struktural mempunyai kuat tekan yang cukup besar, tetapi memiliki kekurangan terhadap kuat tarik dan bersifat getas (Edi Purwanto, 2018). Kelemahan tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan serat kawat bendrat kedalam campuran beton dengan merata dalam persentase tertentu. Kata beton dalam bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam bahasa Belanda. Kata concrete dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa latin *concretus* yang berarti tumbuh bersama atau menggabungkan menjadi satu. Dalam bahasa jepang digunakan kata *kotau-zai*, yang artinya material-material seperti tulang, mungkin dikarenakan agregat mirip seperti pecahan tulang.

Material komposit pada beton terdiri dari beberapa bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat yaitu semen. Bahan air dan semen disatukan yang akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan kasar sebagai bahan pengisi. Campuran tersebut apabila didiamkan akan mengeras dan juga akan menjadi kaku. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat dasar bahan penyusunnya, selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasan.

Beton merupakan bahan bangunan yang sampai saat ini sangat populer dan seing digunakan karena memiliki sifat unggul dibandingkan dengan bahan yang lain, diantaranya adalah mudah untuk mendapatkan bahan bakunya, tahan api, mudah

mengikuti bentuk arsitektur yang diinginkan. Meskipun teknologi beton telah teruji kemampuannya, namun karena tuntutan konstruksi terhadap kekuatan dan keawetan, teknologi ini dapat dijadikan peningkatan efektifitasnya dengan memperbaiki mutu beton yang dikenal dengan beton mutu tinggi. Banyak kalangan yang mendefinisikan tentang beton mutu tinggi yang disesuaikan dengan kuat tekannya, seperti misalnya:

1. CSA mendefinisikan mutu beton tinggi untuk beton dengan kuat tekan $f'c$ lebih besar dari 70 Mpa.
2. ACI mendefinisikan beton mutu tinggi untuk beton dengan kuat tekan $f'c$ lebih besar dari 50 Mpa.
3. Sedangkan Finlandia dengan kategori sebagai berikut:
 1. *Normal Strength Concrete* adalah beton yang mempunyai kekuatan tekan nominal berkisar antara 20 Mpa – 60 Mpa.
 2. *High Strength Concrete* adalah beton yang mempunyai kekuatan tekan nominal sampai dengan 100 Mpa.

Ada beberapa alasan mengapa beton mutu tinggi ini digunakan yaitu diantaranya:

1. Pada bangunan tinggi (struktur kolom, balok, pelat, core, atau *shearwall*) kekuatan yang dicapai dapat lebih tinggi dibandingkan beton biasa yang pengerjaan nya lebih mudah.
 1. Kekakuan *frame* yang lebih tinggi
 2. Lebih ekonomis karena dapat lebih cepat dikerjakan
 3. Mempunyai daktilitas sendi-sendi balok pada *frame* yang lebih tinggi, digunakan pada struktur akan lebih tipis.

2. Industri komponen *Precast-Pretest* (komponen balok, kolom, pipa tiang listrik, *sheet pile*, tiang pancang, pelat atap atau pelat lantai).
 1. Mempunyai berat yang ringan
 2. Beban retaknya lebih tinggi
 3. Penggunaan untuk komponen pelat tidak memerlukan perancah
3. Untuk jembatan
 1. Dapat meningkatkan bentang jembatan
 2. Mempunyai *creep* dan susut yang kecil
 3. Bahan ringan sehingga dapat mengurangi beban struktur pondasi

Peningkatan kualitas beton banyak dipengaruhi dengan konsentrasi serat dan campuran yang ditambahkan kedalam adukan beton. Dengan adanya perkembangan teknologi dan juga sumber daya bahan yang mumpuni maka akan dibuat adanya bahan pengisi pada campuran beton yang akan mengurangi volume penggunaan semen dalam pembuatan beton. Kawat bendrat adalah bahan material yang terpilih dikarenakan memiliki sifat faktor-prkuat beton, selain itu kawat bendrat juga merupakan bahan yang mudah diperoleh (Edi Purwanto, 2018).

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat antara satu sama lain dan juga membandingkan hasilnya.

Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batu buatan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah) dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori agregat halus diisi oleh semen dan air sesuai standar kebutuhan.

Berikut adalah kelebihan dari beton:

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan bentuk dari cetakan yang akan direncanakan.
3. Beton dapat dijadikan pilihan perbaikan pada beton lama yang mengalami keretakan dengan mengisi celah dan rongga pada beton lama.
4. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatan dapat lebih mudah.
5. Beton yang telah mengeras mempunyai sifat tahan air dan tahan terhadap kondisi pelapukan yang terjadi akibat perjalanan waktu.

Berikut kekurangan dari beton:

1. Beton normal lemah terhadap gaya tarik, sehingga mudah retak dan getas. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan sebagai penahan gaya tarik.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu yang drastis berubah sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya keretakan-keretakan akibat terjadinya perubahan suhu seiring berjalan waktu dan usia beton.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air yang sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang lebih teliti.
4. Beton bersifat getas/tidak daktil, sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama beban yang akan bekerja pada beton terutama pada struktur beton saat terjadi guncangan.

2.2 Penelitian Terdahulu (*Literature Review*)

Berikut penelitian terdahulu tentang penggunaan serat kawat bendrat pada bahan campuran terhadap adukan beton:

1. I Gusti Made Sudika, dengan judul penelitian *Perilaku Mekanik Beton Normal Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat*, 2011. Peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut:
 - 1) Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton akan mengurangi kelecakan (*workability*) pada beton.
 - 2) Penambahan serat kawat bendrat dapat meningkatkan kekuatan tekan dan tarik beton pada kadar tertentu.
 - 3) Dapat memperlambat terjadinya keruntuhan pada beton pada saat dilakukannya proses pembebanan.
2. Devi Oktarina, dengan judul penelitian *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton*, 2018. Peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut:
 - 1) Penambahan serat kawat bendrat bergelombang akan menurunkan kelecakan adukan dengan makin meningkatnya volume fraction fiber.
 - 2) Peningkatan kuat tekan beton diperoleh pada beton serat kawat bendrat pada fraksi 0,4 % sebesar 20,8 % terhadap beton normal.
 - 3) Peningkatan pada pengujian kuat tarik belah beton serat kawat bendrat terjadi pada volume fraksi 0,4 % sebesar 3,24 % terhadap beton normal.
 - 4) Hasil pada pengujian kuat tekan beton serat kawat bendrat tidak selalu signifikan dikarenakan metode dan volume pada pencampurannya.

3. Nasruddin junus, dengan judul penelitian *Efek Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Yang Dirawat Melalui Metode Dry and Wet Curing*, 2017. Peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut:
 - 1) Pada perawatan kering terhadap beton saat umur beton 28 hari diperoleh peningkatan terhadap kuat tekan beton.
 - 2) Pada perawatan basah terhadap beton saat umur 28 hari juga mengalami peningkatan terhadap kekuatan beton.
 - 3) Dalam grafik analisa regresi beton mengalami peningkatan kuat tekan dan kuat tarik dengan penambahan serat kawat bendrat dengan panjang 2,5 cm.
 - 4) Pada kadar serat kawat bendrat 7,5 % terjadi peningkatan kuat tekan lebih dari 60 % dan peningkatan lebih dari 50 % kuat tarik dibandingkan dengan beton normal.
4. Surya Hadi, dengan judul penelitian *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Beton*, 2022. Peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut:
 - 1) Pengaruh penambahan kawat bendrat bentuk U dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.
 - 2) Pengaruh penambahan kawat bendrat bentuk U dapat meningkatkan kuat tarik pada beton terhadap beton normal.
 - 3) Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton dapat menambah daya dukung beton dan juga memperlambat keruntuhan yang terjadi pada beton.

5. Arman A, Faldi Sanjaya, dengan judul penelitian *Pengaruh Penambahan Serat kawat Bendrat Terhadap kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Normal*, 2022. Peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Dari penelitian diperoleh nilai kuat beton yang tertinggi pada umur 3 hari yaitu 33,30 Mpa, dengan nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari yaitu 56,47 Mpa.
- 2) Nilai kuat beton terendah pada umur 3 hari yaitu 24,62 Mpa, dengan nilai kuat tekan terendah pada umur 28 hari yaitu 37,64 Mpa.
- 3) Dari penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tarik yang tertinggi pada umur beton 3 hari yaitu 16,98 Mpa, dan pada umur 28 hari yaitu sebesar 45,29 Mpa.
- 4) Nilai kuat tarik terendah pada umur beton 3 hari yaitu 13,44 Mpa, dan umur 28 hari yaitu sebesar 19,81 Mpa.
- 5) Beton mendapatkan kekuatan maksimalnya pada umur 28 hari terhadap kuat tekan dan juga kuat tarik beton.

2.3 Perbedaan Hasil Penelitian

Dari hasil dan kesimpulan dari penelitian peneliti terdahulu terdapat perbedaan dari konsep penelitian, dan spesifikasi persentase penambahan serat kawat terhadap campuran beton, dan juga jenis perawatan beton. Diketahui bahwa para peneliti menggunakan persentase penambahan serat kawat yang berbeda-beda pada campuran beton, dan juga waktu pengujian yang berbeda-beda pula. Ada peneliti yang menambahkan campuran serat kawat sebanyak 0,4 %, 0,5%, 1 % sampai bahkan 12 % untuk dicampurkan dalam adukan beton. Dari perbedaan persentase tersebut pastilah akan didapat angka kuat tekan dan juga kuat tarik

yang berbeda pada setiap beton yang akan diuji. Perbedaan lain yang didapat dari hasil penelitian pada peneliti terdahulu adalah bentuk serat kawat yang berbeda, ada peneliti yang menggunakan serat kawat lurus, serat kawat berbentuk U, dan lain sebagainya sesuai dengan tujuan penelitian masing-masing. Selain hasil tekan dan kuat tarik beton yang berubah pada penambahan serat kawat bendrat tersebut, nilai slump pada tiap beton hasil pengujian juga pasti akan berbeda dengan beton normal biasa.

Dari hasil penelitian beberapa peneliti terdahulu dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan juga kuat tarik beton tersebut dibandingkan dengan beton normal biasa. Hal itu dapat memberikan dampak positif untuk pertimbangan penggunaan bahan campuran beton dikemudian hari untuk mengurangi volume semen dengan menggantinya dengan serat kawat bendrat yang telah dimodifikasi dengan sedemikian rupa sesuai dengan tujuan penelitian. Perbedaan pada hasil penelitian tiap peneliti terdahulu juga terdapat pada metode dan juga mutu campuran yang digunakan pada beton, ada peneliti yang menggunakan mutu beton percobaan K-225, mutu beton K-250, dan juga mutu beton K-275. Jenis perawatan pada beton hasil pengujian juga berbeda, ada peneliti menggunakan perawatan beton *basah (Wet Curing)* dan ada peneliti yang menggunakan perawatan beton kering (*Dry Curing*). Perbedaan jenis perawatan beton hasil uji penelitian juga akan menghasilkan kekuatan beton yang berbeda.

Berikut perbandingan perbedaan penelitian saya dengan penelitian sejenis sebelumnya;

Tabel 1. (Analisis Peneliti, 2023)

Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Bahan Uji	Persentase campuran	Lama Waktu Pengujian	Jenis Perawatan
Edi	2018	Serat Kawat	0%, 0,2%,	28 Hari	<i>Dry Curing</i>
Purwanto		Bendrat 10 cm	0,4%, 0,6%		
Nasruddin	2017	Serat Kawat	2,5%, 5%,	28 Hari	<i>Dry Curing</i>
Junus		Bendrat 2,5 cm	dan 7,5%		<i>dan Wet Curing</i>
Arman A	2022	Serat Kawat	0%, 4%,	14 Hari dan	<i>Dry Curing</i>
		Bendrat 5 cm	5%,	28 Hari	
			6%		
Surya Hadi	2022	Serat Kawat	0,25%,	28 Hari	<i>Wet Curing</i>
		Bendrat 2 cm	0,50%,		
			0,75%		
I Gusti	2011	Serat Kawat	4%, 6%,	28 Hari	<i>Dry Curing</i>
Made		Bendrat 6 cm	8%		
Sudika					
Huan	2023	Serat Kawat	7,5%, 10%,	14 dan 28	<i>Wet Curing</i>
Manullang		Bendrat 3 cm	dan 12,5%	Hari	

2.4 Karakteristik Bahan

Bahan penyusun merupakan unsur utama dari suatu hal atau benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini, yaitu beton. Penyusun beton terdiri dari semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (Batu pecah/kerikil), dan air.

Perlu adanya identifikasi karakteristik bahan penyusun dari beton yang akan digunakan untuk menjaga kualitas dan daya tahan dari beton itu sendiri untuk mencapai benda uji dengan spesifikasi yang diinginkan.

2.4.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan konstruksi seperti gedung, jembatan, jalan, dan lain sebagainya. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air dengan semen portland atau semen hidrolis, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen (Subakti 1994). Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan karena hasil reaksi kimia antara semen dengan air. Beton yang sudah mengeras juga dapat dikatakan batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi dengan batuan kecil (batuan kecil atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air.

Semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat pada beton, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan menjadi satu kesatuan yang kokoh. Beton keras yang baik adalah beton yang kokoh, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil. Beton memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut (*Tjokrodimulyo 1996 : 2*) :

Kelebihan Beton:

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton dapat disemprotkan pada permukaan beton lama sehingga memungkinkan dituangkan pada lokasi yang posisinya sulit.
4. Beton Tahan aus dan tahan panas, sehingga perawatan lebih mudah.

Kekurangan Beton:

1. Beton lemah terhadap gaya tarik, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan sebagai penahan gaya tarik.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton yang kedap air secara sempurna harus dilakukan pemadatan dengan teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak Daktail) sehingga harus dihitung dan diteliti dengan seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktural tahan gempa.

2.4.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70% dari volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, oleh karena itu agregat merupakan bagian penting pada pembuatan beton yang berkualitas (Murdock, L. J, 1999).

Agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk besar butiran antaran 5 – 40 mm.
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 – 5 mm.

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau pasir yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu atau yang biasa disebutkan dengan abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunaannya adalah mengisi ruangan antar butir agregat kasar dan memberikan kelecakan. (Djokrodimulyo 1996).

Berikut adalah beberapa syarat dari agregat halus yang digunakan:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras, butiran agregat halus harus bersifat kekal atau atrinya yang tidak pecah dan hancur oleh cuaca.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5 % dari berat kering dan apabila lebih dari 5 % maka agregat halus harus dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan – bahan organik terlalu banyak .
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan-susunan ayakan tertentu harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 1. Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2 % dari beratnya
 2. Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10 % dari beratnya
 3. Sisa diatas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80 % - 95 % dari berat totalnya

5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua beton, kecuali dari petunjuk lembaga-lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Pasir merupakan agregat halus yang ukurannya antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Golongan pasir dibagi menjadi 4 yaitu:

1. Pasir kasar
2. Pasir agak kasar
3. Pasir halus
4. Pasir agak halus

Untuk menentukan golongan pasir dilakukan dengan analisa gradasi agregat. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu susunan ayakan.

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan di ayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari butiran-butiran yang keras dan permukaan kasar. Agregat kasar harus memenuhi syarat keberhasilan yaitu tidak mengandung lumpur lebih dari 1 % dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. (Djokrodimulyo 1996).

Adapun syarat agregat kasar menurut PBI 1971 adalah :

1. Agregat kasar terdiri dari butiran-butiran keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butiran-butiran pipih tersebut tidak boleh melampaui 2 % dari berat seluruhnya.

2. Butiran-butiran agregat kasar bersifat kekal, artinya tidak pecah/ hancur akibat cuaca dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh melebihi kandungan lumpur 1% (ditentukan terhadap berat kering).
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.
5. Kekasaran butiran-butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji, dimana harus dipenuhi syarat sebagai berikut:
 1. Tidak ada pembubuhan fraksi 9,5 mm – 19 mm >24 %.
 2. Tidak ada pembubuhan fraksi 19 mm – 30 mm > 22 %.
 3. Atau dengan pengaus Los Angeles, dimana tidak boleh kehilangan lebih dari 50 %.
6. Agregat kasar harus terdiri dari aneka ragam ukuran dan apabila layak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 1. Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus berkisar 0 % dari beratnya
 2. Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar 90 % - 98 % dari beratnya
 3. Selisih antara sisa komulatif diatas dari ayakan yang berukuran adalah minimum 10 % dan maksimum 60 %.
7. Besar butiran agregat kasar maksimal tidak boleh lebih dari 1/5 antara bidang-bidang samping dari cetakan 1/3 dari tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih diantara minimum batang-batang tulangan penyimpangan dari batas yang diizinkan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan agregat untuk pekerjaan campuran beton, antara lain:

1. Bentuk Agregat

Bentuk agregat dipengaruhi oleh 2 sifat, yaitu kebulatan dan sperikal.

Kebulatan atau ketajaman sudut adalah sifat yang dimiliki dan tergantung pada ketajaman relative dari sudut dan ujung butir. Sedangkan sperikal adalah sifat yang tergantung pada rasio antara luas bidang permukaan butir dan volume butir.

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada setelah beton mengeras. Berdasarkan bentuk butiran agregat padat dibedakan menjadi: agregat bulat, bulat sebagian, bersudut, panjang, dan pipih.

2. Tekstur Permukaan Butir

Tekstur permukaan adalah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran, halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Pada dasarnya tekstur permukaan butir dapat dibedakan menjadi : sangat halus (*glassy*), halus, granuler, kasar, berkilat, berpori, dan berlubang, tekstur permukaan butir tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besar gaya yang bekerja pada permukaan butir yang menyebabkan kehalusan permukaan agregat. (Suhendro, 2000)

3. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada di dalam butiran tertutup/tidak saling berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah yaitu berat jenis mutlak jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutup. (Smith, 1985)

4. Berat Satuan Dan Kepadatan

Berat satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam kg/liter atau ton/m³. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya adalah volume padat (meliputi volume tertutup) dan volume pori terbuka. (Djokromulyo, 1996).

5. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat yang biasanya dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.

6. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi maka volume pori akan kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. (Murdock, 1999).

7. Kekekalan Agregat

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan atau kekekalan. Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan oleh perubahan-perubahan lingkungan, misalnya pembekuan atau pencairan, perubahan suhu, musim kemarau dan musim hujan yang berganti-ganti.

SK SNI T-15-1990-3 memberikan syarat-syarat untuk gradasi agregat yang diadopsi dari *British Standard* yang dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 2. Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2847-2002)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona 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	55-90	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

Tabel 3. Batas Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2847-2002)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimum		
	40 mm	20mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	10-35	22-55	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

8. Kadar Air Agregat

Kandungan air di dalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat yaitu:

- 1) Kering tungku, yaitu tidak berair atau dapat menyerap air.
- 2) Kering udara, yaitu butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam pori.
- 3) Jenuh kering muka, yaitu tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi sejumlah air yang dapat diserap. Dengan demikian dipakai dalam campuran adukan beton.
- 4) Basah, yaitu butir-butiran yang mengandung banyak air baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah kandungan air.

Keadaan jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry, SSD*) lebih dipakai sebagai standar, karena merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari permukaannya, dan kadar air dilapangan banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

9. Kekuatan dan Keuletan Agregat

Kekerasan agregat tergantung dari bahan penyusunnya. Butiran agregat dapat bersifat kurang kuat disebabkan oleh dua hal yaitu: karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari bahan yang kuat tetapi tidak terikat kuat.

2.4.3 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (*PUBI – 1982*). Fungsi semen adalah untuk

merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran agregat. Semen Portland dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat *adhesif* maupun *kohesif* (Djokromuljo, 1996). Semen diperoleh dengan membakar karbonat atau batu gamping dan *argillaceous* (mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400 – 1500°C dan menjadi klinker. Setelah itu dihaluskan dan didinginkan seperti bubuk lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (C_aSO_4) kira – kira 2 – 4 % sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Pada proses hidrasi, semen mengeras dan mengikat bahan susun beton membentuk masa padat. Semen Portland yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris adalah bahan yang pada umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1994).

Ada beberapa jenis semen portland jika dilihat dari segi kebutuhan yaitu sebagai berikut:

1. Semen portland mengeras cepat (*rapiing hardening portland cement*). Semen jenis ini memiliki kadar C3S atau C3A tinggi yang digiling halus, sehingga derajat pengerasannya pada umur muda sudah tinggi.
2. Semen portland tahan sulfat.

pada waktu pembuatannya semen ini dibuat dengan kadar C3A rendah. Sekalipun jenis semen ini disebut tahan sulfat, tidak berarti tahan terhadap asam sulfat. Yang dimaksud sulfat disini yaitu garam sulfat yang larut. Misalnya, air laut, rawa, dan sebagainya dimana kadar SO_3 tinggi.

3. Semen portland dengan panas rendah (*low hit cement*).

Semen ini memiliki kadar C3S maksimum 35% dan kadar C3A maksimum 7%. Semen ini memiliki derajat pengerasan lambat. Penggunaan semen ini untuk konstruksi yang tebal, dimana bahaya panas dalam inti beton massa dapat mengakibatkan kerusakan pada konstruksi.

4. Semen portland *pozzoland*.

Semen ini merupakan campuran dari semen biasa dengan pozzoland 10 - 30 %. Penggunaannya adalah untuk bangunan yang dapat gangguan asam sulfat atau panas rendah.

5. *Masonry Cement*.

Semen ini adalah semen portland yang dicampur bubuk batu atau batuan kapur sampai 50%.

6. Semen portland putih.

Semen portland ini dimana bahan dasarnya mengandung senyawa besi rendah. Kadar Fe_{2O3} pada semen ini dibatasi 0,5 %. Sebab senyawa besi menimbulkan warna tua pada semen. Proses pembuatan semen ini memerlukan ketelitian tinggi dan bahan dasarnya mahal, oleh karena itu harga semen putih lebih mahal dari harga semen biasa.

7. Semen Aluminium. Semen ini terbuat dari batu kapur dan bauksit. Dengan komposisi 60-70 % kapur dan 30-40 % bauksit. Bahan-bahan ini digiling halus kemudian dibakar dengan suhu tinggi (1600°C). Waktu pengikatan sekitar 1 jam, tetapi setelah 24 jam semen telah mencapai kekuatan 100 % dan warna semen abu-abu muda.

Adapun penggunaannya untuk konstruksi bangunan yang tahan gangguan sulfat dan untuk bangunan tahan suhu tinggi.

Ditinjau dari kekuatannya, semen portland dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

1. Semen Portland mutu S-400, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 400 kg/cm^2 .
2. Semen Portlan mutu S-475, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 475 kg/cm^2 .
3. Semen Portland mutu S-550, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 550 kg/cm^2 .
4. Semen Portland mutu S-S, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 1 hari sebesar 225 kg/cm^2 dan pada umur 7 hari sebesar 525 kg/cm^2 .

Tabel 4 Susunan Oksida Semen Portland (Tjokrodimulyo 1996 : 22)

No	Oksida	Persentase (%)
1	Kapur (CaO_4)	60 – 65
2	Silika (Si O_2)	17 – 25
3	Alumina (Al_2O_3)	3 – 8
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO_3)	1 – 2
7	Soda/Portash ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	0,5 – 1

Menurut SNI 003 – 81, semen portland dibagi menjadi lima jenis antara lain sebagai berikut:

1. Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Semen untuk beton sangat tahan terhadap sulfat.

2.4.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan pembuatan beton. Air yang tercemar yang digunakan pada proses pembuatan beton akan berpengaruh menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubahsifat-sifat beton yang dihasilkan. Karena pasta semen merupakan hasil kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dan semen atau yang biasa disebut dengan fas (faktor air semen). Air yang berlebihan pada proses pembuatan beton akan mengakibatkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk 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 atau air suling.

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk pembentuk pasta semen. Air juga digunakan untuk untuk pelumas

antara butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan dan mutu beton.

Air yang digunakan harus memenuhi syarat berikut:

1. Tidak mengandung lumpur dan benda layang lainnya yang lebih dari 2 gram perliter.
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram perliter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram perliter.

2.4.5 Steel Fiber (Serat Kawat)

Menurut Sudarmoko, (dalam *Tjokrodimulyo, 1996 : 122*) jika serat yang dipakai memiliki modulus elastisitas lebih tinggi daripada beton seperti misalnya kawat baja, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton biasa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suhendro (1990) Membuktikan bahwa sifat-sifat kurang baik dari beton seperti getas, praktis tidak kuat menahan tegangan tarik, dan ketahanan yang rendah dari potongan *impact*, dapat diperbaiki dengan menambahkan *fiber* lokal yang terbuat dari potongan kawat pada adukan beton. Selain itu dibuktikan pula bahwa tingkat perbaikan yang diperoleh dengan fiber lokal tidak banyak berbeda dengan hasil yang dilaporkan diluar negeri dengan menggunakan *steel fiber*.

Mengingat berbagai peningkatan mechanical properties (kuat desak, kuat tarik, tegangan kejut, dan diktilitas) dan segi harga persatuan berat lokal tersebut (termurah adalah kawat bendrat, sedangkan kawat baja 1,5 kali dari harga kawat bendrat). Maka fiber kawat lokal yang paling optimal potensialnya adalah yang

terbuat dari kawat bendrat. Oleh karena itu penelitian-penelitian berikutnya difokuskan ke beton fiber lokal yang terbuat dari campuran serat kawat bendrat.

Tabel 5. Sifat – sifat berbagai macam kawat *fiber local* (Suhendro, 2000)

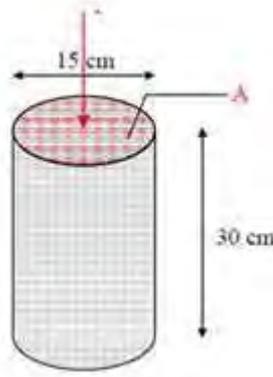
No	Jenis Kawat	Kuat Tarik	Perpanjangan Saat Putus (%)	Spesific
1	Kawat Baja	230,0	10,5	7,77
2	Kawat Bendrat	38,5	5,5	6,68
3	Kawat Biasa	25,0	30,0	7,70

2.4.6 Kuat Tekan

Kuat tekan beton yang diisyaratkan adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (Benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton.

Nilai kuat beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan terikat dengan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) sampai hancur atau retak. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar *ASTM (American Society For Testing Material)*.

Menurut Dipohusodo (1994 : 7) kuat tekan masing – masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Menurut Tjokodimulyo (1996 : 59), faktor – faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton antara lain faktor air semen, umur beton, jenis semen, dan sifat agregat.



Gambar 1. Dimensi Silinder Beton Uji (Adi, 2019)

Faktor kekuatan Beton:

1. Faktor air semen, adalah perbandingan antara berat air yang digunakan dengan berat semen. Hubungan antara faktor air semen (f.a.s) dengan kuat tekan beton secara umum dapat dituliskan dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) dalam Samekto dan Rahmadiyanto (2001 : 43) sebagai berikut:

$$F_c = a/b \cdot 1,5^x$$

Dengan:

F_c = Kuat tekan beton pada umur tertentu

X = f.a.s (yang semula dalam proporsi volume

A, B = Konstanta

Dari rumus diatas bahwa semakin rendah nilai f.a.s maka akan semakin tinggi kuat tekan beton, namun kenyataannya pada suatu nilai f.a.s tertentu semakin tinggi nilai f.a.s maka kuat tekan betonnya akan rendah.. Dengan demikian ada suatu nilai f.a.s tertentu yang menghasilkan kuat tekan maksimum.

(Tjokrodimulyo 1996 ; 60)

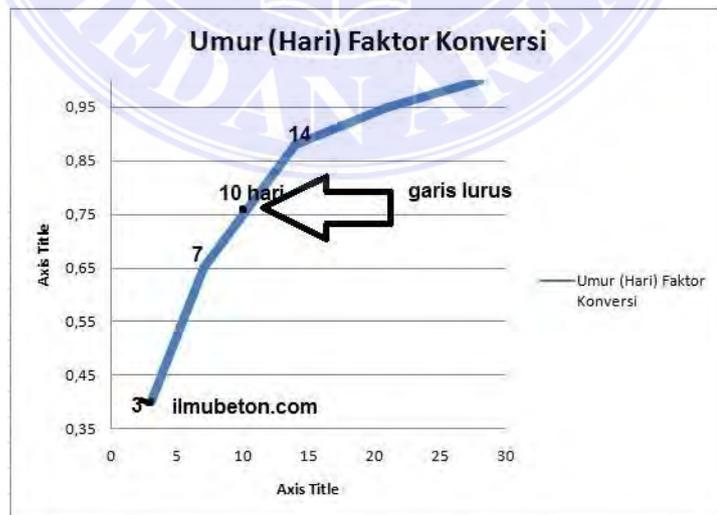


Gambar 2. Hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (Suhendro,2000)

2. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: f.a.s.. dan suhu perawatan. Kekuatan beton pada umur 28 hari telah dianggap mencapai 100%.

Hubungan antara umur beton dan kekuatan beton dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 3. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton (Suhendro, 2000)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa laju kenaikan kuat tekan beton setelah mencapai 28 hari akan berada pada kondisi yang sudah optimal.

Menurut SNI 0031-81 semen portland dibagi menjadi 5 jenis bahan sebagai berikut:

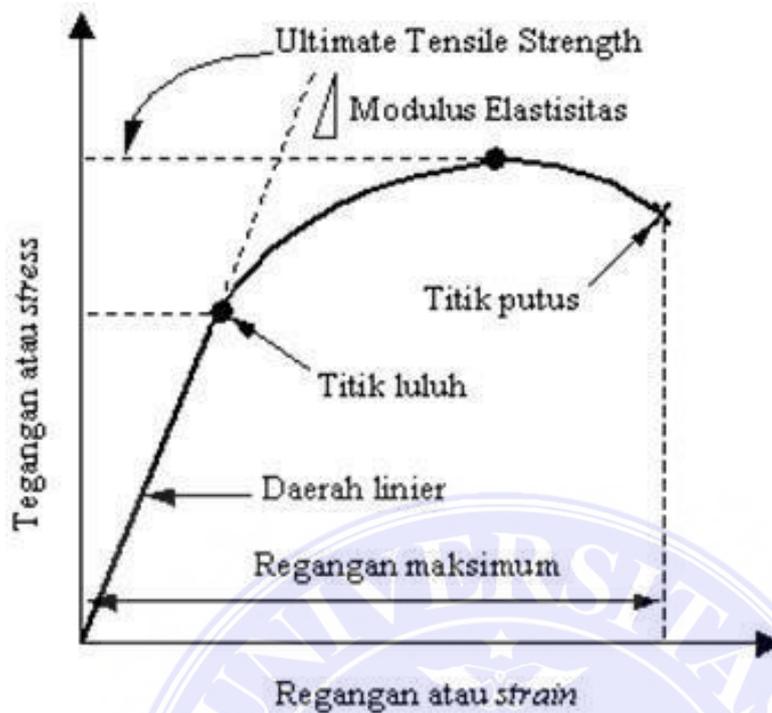
1. Jenis I : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III : Semen untuk beton kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen untuk beton sangat tahan terhadap sulfat.

2.5 Regangan Pada Beton

Maksud utama dari penambahan serat kawat bendrat kedalam beton adalah untuk menambahkan kuat tekan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak dan tahan benturan, jika masalah penyerapan energi diperlukan. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas pada beton (Tjokromulyo 1996 :50).

Pendapat lain mengatakan bahwa penambahan fiber adalah memberi tulangan beton dengan serat baja yang disebarkan secara merata kedalam adukan beton dengan orientasi random. Sehingga beton tidak mengalami retakan-retakan yang terlalu dini akibat pembebanan maupun panas hidrasi.

Seperti terlihat pada gambar dibawah berikut ini:



Gambar 4. Diagram Tegangan – Regangan Silinder Beton (Suhendro,2000)

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penambahan serat kedalam adukan beton dapat memberikan keuntungan berupa perbaikan beberapa sifat beton (Suhendro 2000: 7), yaitu :

1. Daktilitas (*ductility*), yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*energi absorption*).
2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
3. Kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*).
5. Ketahanan terhadap pengaruh kesusutan (*shrinkage*).
6. Ketahanan terhadap keausan (*abrasion*), fragmentasi dan spalling.

Penelitian oleh Ferry Eko Murdianto (1999), penambahan serat bendrat pada beton non pasir didapatkan adanya peningkatan kuat tekan sebesar 10,203 % pada konsentrasi fas 0,45 dan serat 1 %. Peningkatan kuat tarik sebesar 58,932 %

dengan fas 0,35 dan serat 1 %. Peningkatan kuat lentur sebesar 31,7 % pada fas 0,35 dan serat 1 %. Sedangkan kemampuan optimal beton dalam menahan gaya tekan, tarik, dan lentur dicapai pada kadar serat 1 % dan faktor air semen 0,40.

Kuat tekan beton ditentukan juga dengan melalui pengujian *split cylinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan memberikan hasil yang lebih signifikan. Pengujian tersebut dengan menggunakan beton silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm.

Perbedaan yang jelas antara beton mutu tinggi dengan beton normal adalah faktor air semen (fas) yang digunakan. Pada beton mutu tinggi faktor air semen yang digunakan rendah sehingga proses pengeringannya lebih cepat. Teknologi beton mutu tinggi telah banyak digunakan dalam konstruksi-konstruksi besar, baik dalam konstruksi gedung, jembatan, maupun dalam konstruksi beton pratekan.

Pada regangan beton juga berpengaruh pada bahan campuran (*admixture*) pada beton yang memiliki peran penting pada hasil akhir pembuatan beton yang berkualitas baik. Fungsi dari bahan-bahan tersebut adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi sesuai dengan pekerjaan tertentu yang membutuhkan kualitas beton yang baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan mengulas potensi penggunaan serat kawat bendrat untuk beton berkelanjutan inovatif.

Adapun langkah-langkah metodologi yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Bahan dan Benda Uji Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air bersih dari Laboratorium.

2. Semen

Semen yang digunakan adalah semen padang atau tipe I ukuran 40 kg

3. Agregat

a. Agregat halus : Pasir halus dari Medan

b. Agregat Kasar: Split atau batu kerikil dari Medan

4. Serat

Serat yang digunakan adalah serat lokal berupa kawat bendrat lurus dengan diameter 1 mm dan panjang 30 mm.

3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menentukan gradasi diameter agregat kasar dan agregat halus yang akan dipakai dalam penelitian.

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

4. Mesin Aduk Beton (Molen)

Mesin digunakan untuk mencampur semua bahan yang digunakan untuk membuat beton.

5. Kerucut Abrams

Kerucut digunakan untuk mengukur nilai slump pada adukan beton.

6. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur tinggi nilai slump beton.

7. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.

8. Batang Baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

9. Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik beton.

3.3 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

3.3.1 Tahap Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan dan persiapan bahan susun beton dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Sipil. Tahapan pemeriksaan meliputi sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Gradasi Pasir
 - a. Ayakan disusun dengan ukuran yang telah ditetapkan untuk pasir minimum 1 mm.
 - b. Pasir yang dimasukkan kedalam ayakan akan diayak sampai pasir turun semua kedalam wadah pengadukan.
 - c. Pasir yang melewati lubang ayakan kemudian akan di pindahkan ke tempat lain dan akan ditimbang.
2. Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah
 - a. Ayakan disusun dengan ukuran yang telah ditetapkan untuk split atau agregat kasar minimum sebesar 5 mm.
 - b. Batu pecah yang dimasukkan kedalam ayakan sampai masing-masing ukuran batu lolos dari ayakan.
 - c. Batu pecah yang telah diayak akan dipindahkan ke tempat lain dan di timbang.
 - d. Gradasi batu pecah diperoleh dengan menghitung jumlah komulatif presentase butiran yang lolos pada masing-masing ayakan.
 - e. Pemeriksaan Ukuran Serat Kawat Bendrat

Serat kawat bendrat yang digunakan adalah serat kawat bendrat lokal daerah Medan dengan ukuran diameter 1 mm dan panjang serat 30 mm.

3.4 Desain Percobaan (Spesifikasi yang direncanakan)

Desain percobaan ini dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material dan campuran beton yang akan diuji. Adapun desain dari percobaan pengujian antara lain :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur yang direncanakan.

Umur beton yang akan di uji kuat tekan dan kuat tarik nya adalah pada saat umur beton 14 dan 28 hari.

2. Menetapkan jenis semen dan agregat yang akan digunakan

- Jenis Semen : Semen Padang (Tipe 1)
- Jenis Agregat Halus : pasir halus alami dari daerah Medan
- Jenis Agregat Kasar : split atau kerikil alami dari daerah Medan

3. Menetapkan kekuatan beton rencana f_c 20 Mpa

4. Menetapkan nilai *Slump*

Nilai *slump* adalah tinggi dari adukan dalam kerucut terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang diambil untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton (*Workability*).

Nilai *Slump* yang direncanakan 30 – 60 mm.

5. Menetapkan besar butiran agregat halus dan agregat kasar

Diameter agregat halus rencana minimum 1mm dan dan maksimum 5 mm.

6. Menetapkan spesifikasi serat kawat bendrat yang digunakan.

Serat kawat bendrat yang digunakan dengan diameter 1mm dan panjang 30 mm.

Komposisi persentase serat kawat yang akan di uji adalah:

7,5%, 10% dan 12,5%, yang masing masing persentase memiliki 2 sampel benda uji.

3.5 Tahap Perancangan Adukan

Pada penelitian ini besar butiran maksimum untuk agregat adalah 40 mm. Perbandingan antara pasir dan batu pecah didasarkan pada analisis gradasi agregat. Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan mengurangi beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen. Nilai f.a.s dan berat semen ditentukan seperti terlihat pada variabel penelitian.

3.6 Tahap Pengadukan Beton, Nilai Slump, dan Pembuatan Benda Uji

Hal-hal yang diperhatikan dalam tahap ini antara lain:

1. Pemeriksaan Bahan Susun Beton
 - a. Membuat agregat dalam keadaan jenuh kering muka dengan cara menyiram agregat dan menutupnya dengan karung basah dan membiarkannya selama 24 jam.
 - b. Menimbang bahan susun beton yaitu semen, agregat, dan air sesuai dengan berat yang telah ditetapkan dalam perencanaan campuran adukan beton.
 - c. Mempersiapkan kerucut Abramms, cetakan beton, dan peralatan lain yang diperlukan.
2. Pengadukan Campuran Beton
 - a. Memasukan air sesuai kebutuhan yang dibutuhkan kedalam mesin pengaduk beton kemudian dimasukan agregat campuran dan juga semen.

- b. Mesin pengaduk diputar dan dipastikan semua bahan campuran beton teraduk dengan rata.
 - c. Pengadukan dilakukan dengan waktu yang sudah ditentukan agar didapat sampel bahan yang sama dengan yang lainnya.
3. Pemeriksaan *Slump*
- a. Masukkan adukan beton segar kedalam keucut Abrams dalam tiga lapis, masing masing sepertiga dari tinggi keucut.
 - b. Setiap lapisan ditumbuk dengan batang baja sebanyak 25 kali
 - c. Setelah lapis terakhir selesai ditumbuk, maka kerucut dapat ditarik secara perlahan dari campuran beton.
 - d. Nilai *slump* adalah selisih antara tinggi kerucut Abrams dengan permukaan atas adukan beton setelah kerucut ditarik.
 - e. Pengujian *slump* dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap pengadukan, kemudian hasilnya dirata-rata.
4. Pembuatan Benda Uji
- a. Adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder yang sebelumnya telah dilapisi minyak agar ketika beton mengeras dapat dilepaskan dengan mudah dari cetakan silinder.
 - b. Cetakan diisi dengan adukan beton kemudian campuran beton tersebut dipadatkan dengan tongkat baja sampai merata dan sampai cetakan terisi penuh oleh campuran beton.
 - c. Setelah itu permukaan silinder yang telah penuh dengan beton diratakan atasnya agar mendapat sampel cetakan yang rata dan bagus.

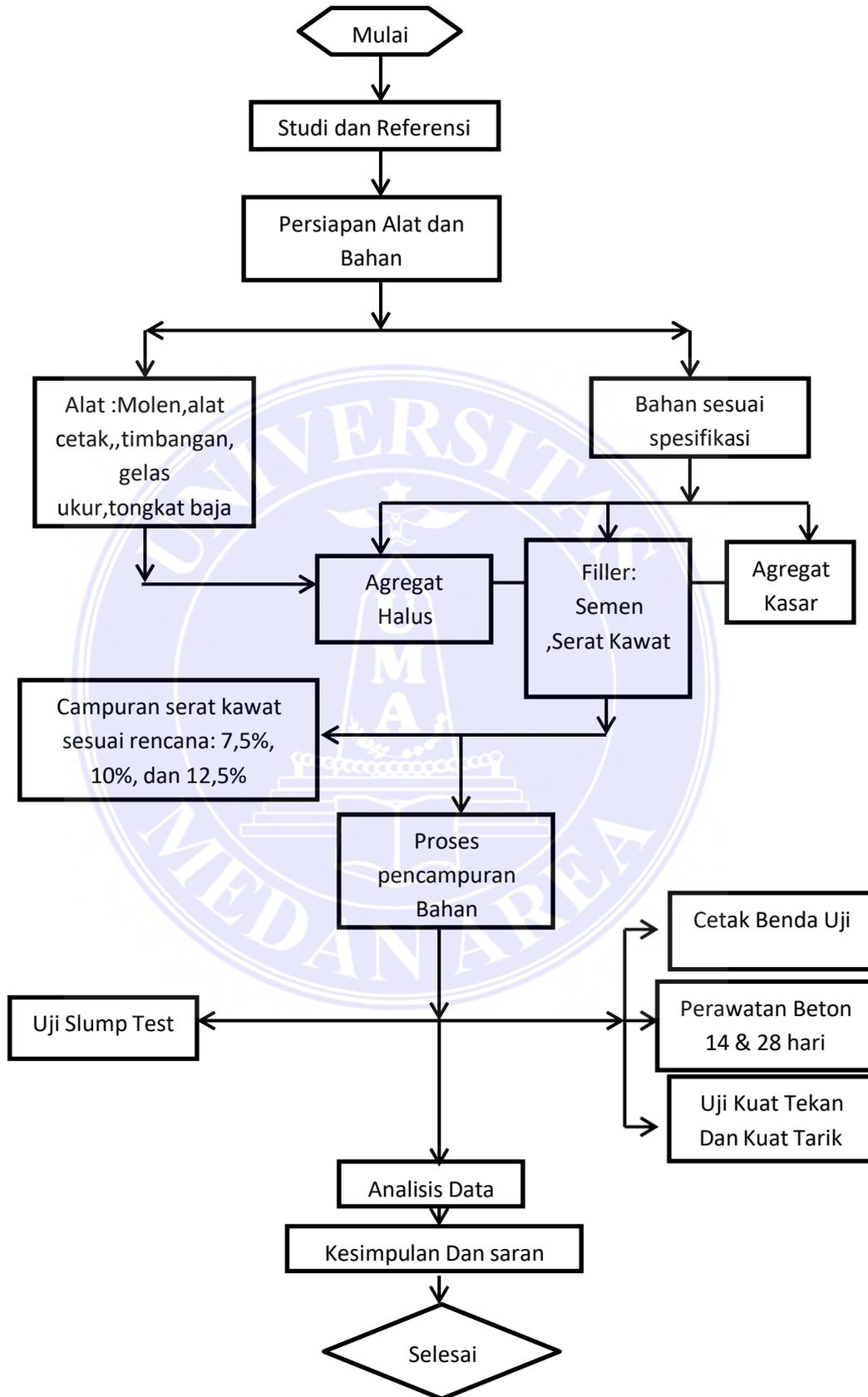
3.7 Tahap Perawatan Benda Uji

Sehari setelah beton dicetak, kemudian cetakan dibuka dan dikeluarkan benda uji dengan perlahan agar tidak terjadi kerusakan dan kecacatan pada sampel benda uji. Setelah itu lakukan perawatan *Wet Curing* dengan sampel uji dengan memasukan beton kedalam bak air selama waktu yang telah ditentukan yaitu 14 dan 28 hari.

3.8 Tahap Pengujian

1. Setelah waktu 14 dan 28 hari silinder beton dikeluarkan dari bak air perawatan beton.
2. Kemudian masing-masing silinder beton diukur diameter,tinggi, dan beratnya.
3. Lalu letakan benda uji pada mesin uji kuat tekan beton secara tegak dan juga sentris.
4. Kemudian lakukan pembebanan benda uji oleh mesin uji kuat tekan beton sampai beton tersebut mengalami keretakan.
5. Catat kekuatan beton saat mengalami retakan awal dan hitung besar kuat tekan yang dapat diterima oleh masing-masing benda uji yang akan diuji.
6. Lalu keluarkan benda uji dari mesin jika telah selesai.

3.9 Bagan Alur Penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian beton normal, kuat tekan yang dicapai pada umur 14 hari mencapai 16,86 Mpa sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan mencapai 19,26 Mpa.
2. Hasil kuat tekan beton rata-rata setelah ditambahkan dengan serat kawat bendrat dengan campuran 7,5% (14 hari) adalah 16,6 Mpa dan (28 hari) adalah 18,56 Mpa. Campuran 10% (14 hari) mencapai 16,15 Mpa dan (28 hari) mencapai 18,36 Mpa. Campuran 12,5% (14 hari) mencapai 15,92 Mpa dan (28 hari) mencapai kuat tekan 18,09 Mpa.
3. Nilai optimal kuat tekan yang dicapai setelah mencampurkan serat kawat bendrat pada setiap persentasenya pada umur 28 hari yaitu pada campuran 7,5% mencapai nilai optimal 18,38 Mpa, campuran 10% mencapai nilai optimal 18,31 Mpa, dan campuran 12,5% mencapai nilai kuat tekan optimal 18,07 Mpa.
4. Setelah dilakukannya penelitian dalam penambahan serat kawat pada campuran beton ini, didapat bahwa serat kawat bendrat tidak dapat menaikkan kuat tekan pada beton, justru serat kawat bendrat membuat kuat tekan pada beton mengalami penurunan. Hal itu disebabkan karena berkurangnya kelecakan (*workability*) yang terdapat pada campuran beton yang ditambah dengan serat kawat bendrat.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton, maka perlu diperhatikan saran sebagai berikut:

1. Metode pengerjaan beton terutama dalam hal penambahan serat dalam adukan beton perlu diperhatikan dengan baik, terutama saat pengadukan dan juga penuangan beton pada cetakan agar penyebaran serat lebih merata dan dapat padat dengan baik.
2. Perlu memperhatikan kualitas agregat halus dan agregat kasar yang digunakan agar terbebas dari kandungan lumpur yang dapat mengakibatkan kurangnya kelecakan campuran pada beton.
3. Perlu adanya penelitian pada bahan yang dapat meningkatkan workability pada campuran beton agar di dapat beton yang berkualitas baik.
4. Dengan memperhatikan teknik pengadukan campuran beton dan juga lama pengadukan beton dalam molen agar semua bahan campuran beton uji dapat tercampur dengan rata serta tidak ada bahan yang menggumpal pada saat pencetakan benda uji.

Lampiran Gambar









DAFTAR PUSTAKA

- Arman A, Faldi Sanjaya, 2022, *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Normal*, Institut Teknologi Padang.
- Anonim (2011) , SNI 1974 -2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Beton di Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional.
- Edi Purwanto, 2018, *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton*, Prodi Teknik Sipil Universitas Lampung.
- I Gusti Made Sudika, I Putu Suka Ardana, 2011, *Prilaku Mekanik Beton Normal Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat*, Teknik Sipil UNR.
- Murdock, L. J., dan Brock. K, M., (1999) . *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga.
- Nasruddin Junus, 2017, *Efek Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Yang Dirawat Melalui Metode Wet And Dry Curing*, Sulawesi Selatan, Indonesia.
- Surya Hadi, 2022, *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Terhadap Kuat Tekan Beton*, Universitas Islam Al-Azhar Mataram.
- Smith, M, J., (1985) , *Bahan Konstruksi Dan Struktur Teknik*.
- Subakti, A., (1994), *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil FTSP' ITS, Surabaya.
- Tjokrodimulyo, K., (2004) , *Teknologi Bahan Konstruksi*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.