

ANALISIS KUAT TEKAN DAN LAJU INFILTRASI PADA BETON POROUS

SKRIPSI

OLEH:

**RIZKY H T PURBA
188110137**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
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 5/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)5/12/23

ANALISIS KUAT TEKAN DAN LAJU INFILTRASI PADA BETON POROUS

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
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 5/12/23


Access From (repository.uma.ac.id)5/12/23

HALAMAN PENGESAHAN

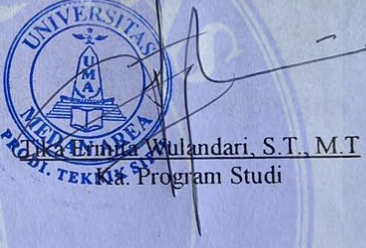
Judul Skripsi : Analisis Kuat Tekan Dan Laju Infiltrasi Beton Porous
Nama : Rizky H T Purba
NPM : 188110137
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir. Nurmaidah, MT.
Pembimbing


Dr. Rahmat Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan


Prof. Dr. Bimla Wulandari, S.T., M.T
Program Studi

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.



Tanggal Lulus : 22 Juni 2023

iii

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

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

Nama : RIZKY H T PURBA

NIM : 188110137

Program Studi : Teknik Sipil

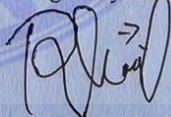
Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/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 : Redesain Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Medan Area Menggunakan Metode Flat Slab. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). 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 : 22 Juni 2023
Yang menyatakan



(Rizky H T Purba)

RIWAYAT HIDUP

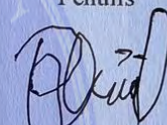
Penulis dilahirkan di Bandar Pulau Pada tanggal 02 April 1999 dari Ayah Jahotman Purba dan Ibu Jumida Simangungsong Penulis merupakan putra ke pertama dari dua bersaudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA N 1 Sipahutar dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Irian Supermarket Tembung



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 Beton Porous dengan judul ANALISIS KUAT TEKAN DAN LAJU INFILTRASI PADA BETON POROUS Terima kasih penulis sampaikan kepada Ir.Nurmaidah, 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 diri sendiri 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



(Rizky H T Purba)

iv

DAFTAR ISI

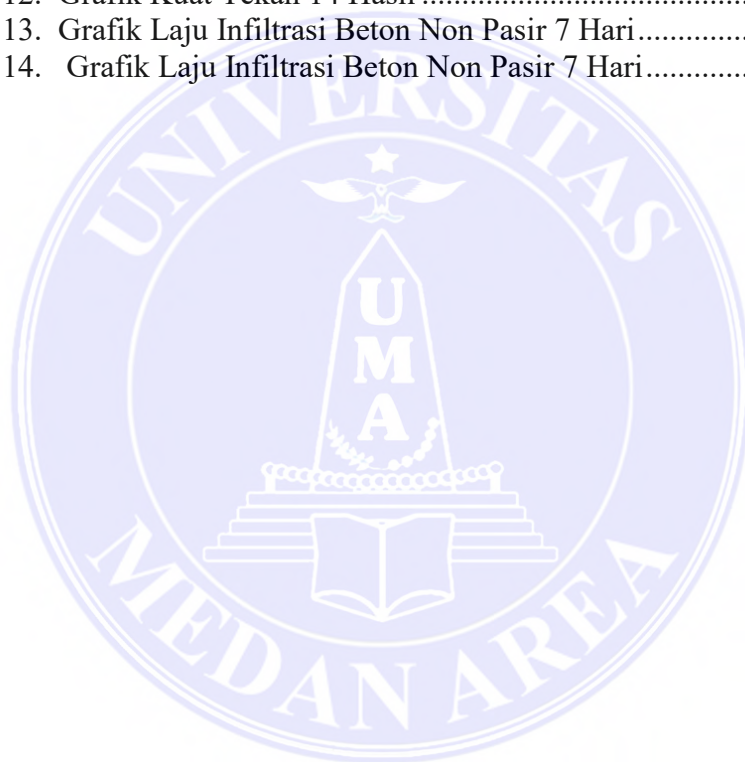
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWANYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRAK</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Metode Pengambilan Data	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Review Penelitian Sejenis	4
2.2. Kuat Tekan Beton	9
2.3. Karakteristik Beton	13
2.4. Jenis-jenis Beton	13
2.5. Sifat-sifat Beton	14
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Lokasi Penelitian	28
3.3 Bahan Penelitian	28
3.4 Tahapan Penelitian	29
3.4.1 Pemeriksaan Material	29
3.4.2 Jenis Penelitian	29
3.4.3 Tahap Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	32
3.4.4 Penujian Tekan Beton	33
3.5 Tahapan Pengujian Laju infiltrasi	33
3.6 Analisis Data	34
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Penelitian	35
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	35
4.1.2 Hasil Perhitungan Campuran Untuk Beton porous	41
4.1.3 Analisis Pengujian Slump	45
4.1.4 Pengujian Kuat Tekan Beton	48

4.1.5 Tahapan Penelitian.....	51
4.2 Pembahasan.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Hasil Penelitian	58
5.2 Pembahasan.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



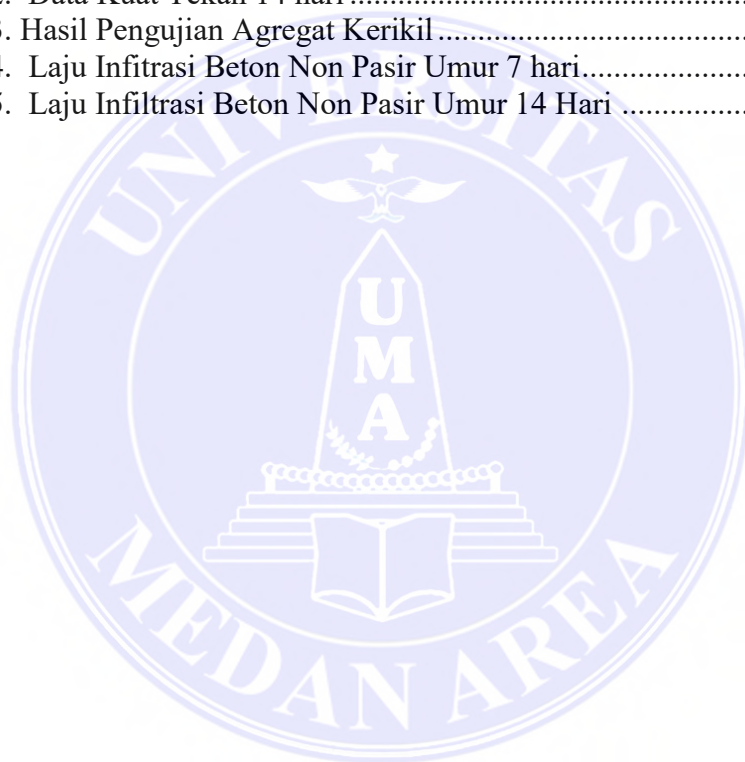
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Material Utama Pembentuk Beton	10
Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton	18
Gambar 3. Proses Agregat Dari Keadaan Kering	22
Gambar 4. Penyaringan Agregat	29
Gambar 5. Grafik Analisis Saringan Agregat Kasar	35
Gambar 6. Hasil Penyaringan Agregat	36
Gambar 7. Grafik Berat Agregat Kasar	38
Gambar 8. Faktok Air Untuk Kubus	41
Gambar 9. Pengujian Slump	47
Gambar 10. Pengujian Kuat Tekan Beton	48
Gambar 11. Grafik Kuat Tekan 7 Hari	50
Gambar 12. Grafik Kuat Tekan 14 Hasil	51
Gambar 13. Grafik Laju Infiltrasi Beton Non Pasir 7 Hari	55
Gambar 14. Grafik Laju Infiltrasi Beton Non Pasir 7 Hari	56



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standarisasi Yang di Pakai.....	31
Tabel 2. Analisis Saringan Agraget Kasar	35
Tabel 3. Berat Isi Agraget Kasar.....	37
Tabel 4. Berat Jenis Agregat Kasar	39
Tabel 5. Kesimpulan Pemeriksaan Agregat kasar.....	40
Tabel 6. Perhitungan Campuran Beton	44
Tabel 7. Faktor Air Semen Maksimum.....	46
Tabel 8 Menentukan Nilai Slump	47
Tabel 9. Data Hasil Pengujian Nilai Slump	47
Tabel 10. Perbandingan Kekuatan tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji	49
Tabel 11. Data Kuat Tekan 7 hari	50
Tabel 12. Data Kuat Tekan 14 hari	50
Tabel 13. Hasil Pengujian Agregat Kerikil	52
Tabel 14. Laju Infiltrasi Beton Non Pasir Umur 7 hari.....	55
Tabel 15. Laju Infiltrasi Beton Non Pasir Umur 14 Hari	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	71
Lampiran 2	72
Lampiran 3	73
Lampiran 4	74
Lampiran 5	75



ABSTRAK

Beton porous (*Porous concrete*) merupakan beton yang memiliki pori-pori yang lebih banyak dari pada beton normal. Beton porous terdiri dari agregat kasar, semen dan air. Laju infiltrasi adalah banyaknya jumlah air yang masuk ke dalam tanah melalui permukaan beton dalam waktu tertentu. Proses laju infiltrasi merupakan bagian yang penting dalam siklus hidrologi maupun dalam proses pengalihan ragaman hujan menjadi aliran di sungai dengan adanya proses infiltrasi. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kuat tekan beton *porous* dan laju infiltrasi. Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi. pengambilan data dari laboratorium hasil penelitian kuat tekan beton porous sebesar BPS1 11,86 Mpa, BPS2 12,35 Mpa, BPS3 16,22 Mpa dan BPS4 17,46 Mpa. Di mana hasil Laju infiltrasi untuk berbagai varian untuk s1 1,357 mm/jam, s2 2,093 mm/jam, s3 2,217 mm/jam, s4 2,645 mm/jam, s5 2,785 mm/jam dan s6 2,836 mm/jam. Di mana besar kuat tekan beton tidak sebesar beton lain. Hasil laju infiltrasi menunjukkan pada beton non pasir semakin banyak jumlah debit air yang mengalir pada beton porous maka daerah pori-pori beton porous semakin lambat mengalir air dapat dilihat pada grafik di atas laju infiltrasi/detik semakin banyak debit air semakin lama laju infiltrasinya. Perlu penelitian lebih lanjut menambahkan dengan variasi bahan tambah *bestmittel* dan kuat tekan rencana yang lebih beragam, untuk mengetahui perilaku kekuatan tekan pada berbagai usia (variasi lanjutan). Memperbanyak benda uji per-variasi dan membuat sample yang berbeda seperti kubus dan silinder pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Beton, Beton Porous, Laju Infiltrasi

ABSTRACT

Porous concrete is concrete that has more pores than ordinary concrete. Porous concrete consists of coarse aggregate, cement and water. The infiltration rate is the amount of water that enters the soil through the concrete surface in a certain time. The infiltration rate process is an important part of the hydrological cycle as well as in the process of diverting rain diversity into streams in rivers with an infiltration process. The aim of this research is to determine the strength compressive porous concrete and infiltration rate. Methodology of data collection was carried out by observing. Data collection from the laboratory results of research on compressed porous concrete were BPS1 11.86 Mpa, BPS2 12.35 Mpa, BPS3 16.22 Mpa and BPS4 17.46 Mpa. Where are the results of infiltration rates for various variants for s1 1,357 mm/hour, s2 2,093 mm/hour, s3 2,217 mm/hour, s4 2,645 mm/hour, s5 2,785 mm/hour and s6 2,836 mm/hour. the size of the concrete is not as big as other concrete. The results of the infiltration rate show that in non-sand concrete the more the amount of water discharge that flows in porous concrete, the porous concrete pore area the slower the water flows can be seen in the graph above the infiltration rate/second the more water discharge the longer the rate infiltration. Further research is needed to add a variety of bestmittel added materials and more diverse compressive strength plans, for the behavior of knowing compressive strength at various ages (continued variation). Increase the number of test objects per variation and make different samples such as cubes and cylinders for research furthermore.

Keywords: Concrete, Porous Concrete, Infiltration Rate.

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= kuat tekan beton, (MPa).
P	= beban tekan, (N).
A	= luas permukaan benda uji
W	= Berat Benda Uji
V	= Volume Kubus
A	= luas permukaan benda uji
I	= laju infiltrasi, mm/jam
M	= berat air, kg
D	= diameter dalam, mm
T	= waktu, detik
K	= konstanta
P	= Beban tekan maksimum, (N)
A	= Luas bidang tekan
Bk	= Berat benda uji kering oven (gr)
$Bssd$	= Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi. Ketika musim hujan terutama di kawasan perkotaan banyak ditemukan genangan air yang menyebabkan kualitas lingkungan menurun. Maka dapat digunakan beton non pasir yang dapat dikenal seperti beton berpori, beton tanpa pasir dan beton tembus air, karena tidak digunakannya pasir dalam campuran sehingga menimbulkan rongga-rongga antar agregat kasar, ketika musim hujan, terutama di daerah perkotaan banyak terjadi banjir karena air sulit meresap ke dalam tanah. Karena sifat permeabel dari beton non pasir yang dapat mempercepat peresapan air ke dalam tanah dan ke saluran air, mengurangi limpasan air dan menambah cadangan air tanah, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengujian kuat tekan dan infiltrasi pada beton non pasir. Beton pori secara umum di aplikasikan dalam area yang tidak memiliki beban seperti jalan raya, namun digunakan di area parkir, pekarangan rumah, daerah dengan lampu lalu lintas, jalan-jalan perumahan, trotoa dan area taman.

Penelitian ini menggunakan agregat kasar dari hasil mesin pemecah batu. Penelitian diawali dengan pengecekan bahan, perencanaan kebutuhan bahan, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan pengujian infiltrasi. Laju infiltrasi pada beton dapat digunakan untuk mempercepat peresapan air ke dalam tanah dan dapat berfungsi untuk mengurangi air di permukaan beton. Beton porous (*Porous concrete*) merupakan beton yang memiliki pori-pori yang lebih banyak dari pada beton normal, beton porous terdiri dari agregat kasar, semen dan air.

Kelebihan utama dari beton porous adalah dapat meredam panas, proses pembuatannya yang cepat,kepadatannya yang rendah, sifat penyusutan yang rendah, mudah meloloskan air. Ekonomis karena lebih sedikit menggunakan agregat dengan tanpa agregat halus dan nilai fas yang lebih rendah dari beton normal. Ramah lingkungan karena dengan tanpa campuran agregat halus beton porous memiliki pori-pori yang lebih banyak sehingga mampu menjadi solusi untuk daerah rawan banjir dan genangan air.Umumnya di aplikasikan sebagai lahan parkir,trotoa serta jalur jalan dengan lalu lintas ringan.

Proses laju infiltrasi merupakan bagian yang penting dalam siklus hidrologi maupun dalam proses pengalihan ragam hujan menjadi aliran di sungai dengan adanya proses infiltrasi, maka kebutuhan vegetasi terhadap air termasuk transpirasi, menyediakan air untuk evaporasi, mengisi kembali reservoir tanah dan menyediakan aliran sungai pada saat musim kemarau akan dapat terpenuhi,selain itu manfaat dari infiltrasi adalah dapat mengurangi terjadinya erosi tanah dan mengurangi terjadinya banjir.Berdasarkan uraian latar belakang diatas mengenai kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 14 hari dan laju infiltrasi,maka penulis tertarik melakukan penelitian berjudul “Analisis Kuat Tekan Dan Laju Infiltrasi Pada beton Porous”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Seberapa besar kuat tekan beton porous pada umur rencana 7 hari dan 14 hari.
2. Seberapa besar laju infiltrasi pada beton porous.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton porous tanpa bahan kimia dan laju infiltrasi pada beton porous.

1.3.2 Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton Porous pada beton umur 7 hari dan 14 hari.
2. Untuk mengetahui Laju Infiltrasi pada beton porous.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Bagi mahasiswa, sebagai informasi pendukung untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai laju infiltrasi dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton mutu .
2. Bagi masyarakat, sebagai bahan informasi bagi pihak yang membutuhkan.

1.5. Metode Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan dengan penelitian dan pengumpulan data dengan cara menguji langsung di laboratorium. Pada pengumpulan data menggunakan dua data ;

1. Data primer di dapat langsung dari laboratorium.Data tersebut mencakup besar kuat tekan dan laju ilfiltrasi beton.
2. Data sekunder didapat langsung dari buku-buku dan jurnal.Data tersebut mencakup kuat tekan dan laju ilfiltras pada beton menggunakan sampel-sampel yang akan di uji.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Review Penelitian Sejenis

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang mungkin memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Penelitian terdahulu juga menjadi salah satu bahan pertimbangan sehingga dapat memberi referensi dalam menulis ataupun mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian yang menjadi acuan dan referensi peneliti dalam melakukan penelitian:

Edi Kurniadi, Lava Himawan. T. A, (2019), dengan judul penelitian “Kajian Kuat Tekan Dan Infiltrasi pada Beton Non Pasir” Benda uji yang di pakai berupa silinder beton diameter 150mm dan tinggi 300mm digunakan untuk pengujian kuat tekan. Benda uji berupa plat beton ukuran 400mm x 400mm x 150mm digunakan untuk pengujian infiltrasi. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji setelah 7,14 dan 28 hari. Sedangkan pengujian infiltrasi dilakukan pada umur 28 hari kuat tekan beton non pasir mengalami peningkatan seiring mengecilnya variasi perbandingan campuran semen dan kerikil. Hal ini disebabkan semakin kecil variasi perbandingan semen dan kerikil semakin banyak jumlah semen yang digunakan. Kuat tekan beton non pasir semakin meningkat seiring bertambahnya umur beton hal ini disebabkan proses hidrasi semen semakin lama semakin kuat. Kuat tekan terbesar umur 28 hari didapatkan pada campuran 1 : 2 sebesar 33,19 MPa dan kuat tekan terkecil pada campuran 1 : 8 sebesar 5,23 MPa. Menunjukkan bahwa semakin besar variasi

perbandingan campuran semen dan kerikil maka semakin besar laju infiltrasi hal ini disebabkan karena semakin besar perbandingan semen dan kerikil menyebabkan semakin sedikit pasta semen sehingga semakin berongga atau porus.

<https://jurnal.uns.ac.id/jrrs/article/view/28632>

Asep Kurnia Hidayat, Rosi Nursani. T. A, (2022), dengan judul penelitian “Analisis Kuat Tekan Beton Dan laju Infiltrasi Pada Beton Porous K 200 Dengan tambahan Sika Fume” Penelitian ini menggunakan metode kajian eksperimental yang dilakukan dengan cara mengamati perkembangan dari hasil pengujian beton porous (kuat tekan dan laju infiltrasi) dengan menggunakan tambahan sika fume. Presentase sika fume yang digunakan yaitu sebesar 0%, 3%, 5%, 7% dari berat semen. Bentuk benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15cm x 30cm dan plat dengan ukuran 50cm x 50cm x 5cm. Jumlah benda uji yang dibuat yaitu 48 buah yang terdiri dari 36 buah benda uji silinder dan 12 buah benda uji plat. pengujian kuat tekan dilaksanakan pada saat beton mencapai umur 7,14, 28 hari. pengujian laju infiltrasi dilaksanakan pada saat beton mencapai umur 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat beton porous dengan pemakaian sika fume 3% di umur 7 hari menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 12,46 Mpa, artinya nilai kuat tekan beton porous meningkat sebesar 10,92% dari beton porous tanpa sika fume di umur 7 hari yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 11,23 Mpa. Sedangkan dengan pemakaian sika fume sebesar 5% dan 7% dapat menghasilkan beton dengan nilai kuat tekan sebesar 13,59 Mpa dan 14,53 Mpa pada umur 7 hari. Artinya pada umur 7 hari dengan pemakaian sika fume 5% dan 7% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 21% dan 29,4% di umur 7 hari. Pada

umur 14 hari pemakaian sika fume dengan presentase sebesar 3%, 5% dan 7% menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan beton masing-masing sebesar 17,17 Mpa, 18,40 Mpa dan 19,72 Mpa. Artinya beton porous telah mencapai bahkan melebihi kuat tekan rencana yaitu K-200 atau f_c' 17 Mpa (pada umur 28 hari) di umur 14 hari dengan hanya menambahkan sika fume sebesar 3%. Pada umur 14 hari dengan pemakaian sika fume 3%, 5% dan 7% nilai kuat tekan beton porous masing-masing meningkat sebesar 13,75%, 21,87%, 30,62% dari nilai kuat tekan beton porous tanpa sika fume yaitu sebesar 15,10 Mpa. Pada umur 28 hari dengan pemakaian sika fume sebesar 3%, 5% dan 7% masih menunjukkan peningkatan kuat tekan. Nilai kuat tekan beton porous dengan presentase sika fume 3%, 5% dan 7% masing-masing sebesar 19,44 Mpa, 20,85 Mpa dan 22,46 Mpa. Nilai kuat tekan beton porous masing-masing meningkat sebesar 13,81%, 22%, 31,49% dari nilai kuat tekan beton porous tanpa sika fume yaitu sebesar 17,08 Mpa. Nilai kuat tekan maksimum ditunjukkan dengan pemakaian sika fume sebesar 7% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 22,46 Mpa, kuat tekan meningkat sebesar $\pm 32\%$ dari kuat tekan rencana beton porous tanpa sika fume yaitu K-200 atau f_c' 17 Mpa. Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa laju infiltrasi maksimum ditunjukkan pada beton porous dengan pemakaian sika fume sebesar 3% dengan nilai rata-rata laju infiltrasi sebesar 2550310,41 mm/jam. Sedangkan nilai minimumnya ditunjukkan pada beton porous dengan penambahan 7% sika fume dengan nilai rata-rata laju infiltrasi sebesar 2039155,09 mm/jam. Penambahan sika fume sebesar 3%, 5% dan 7% dapat menurunkan nilai rata-rata laju infiltrasi beton porous sebesar $\pm 18\%$ -34%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar presentase sika fume yang digunakan maka semakin lambat laju

infiltrasinya. Laju infiltrasi beton porous cenderung akan lebih cepat jika kuat tekannya semakin rendah. Beton porous dengan laju infiltrasi tinggi memiliki rongga atau pori yang banyak sehingga kuat tekan beton menurun.

<https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/akselerasi/article/view/5423>

Made Bagus Januar, Eka Purnamasari, Akhmad Gazali. T. A, (2021), dengan judul penelitian “Pengujian Kuat Tekan dan Perositas Beton Porous Dengan Variasi Bahan Pengisi Fly ASH (Abu Terbang)” Dalam penelitian ini merencanakan campuran beton menggunakan 3 variasi Bahan Pengisi 0%, 15% dan 30% dengan mutu $f'c$ 20 MPa dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000. kuat tekan beton porous dengan umur masingmasing dilihat pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pada variasi mutu beton porous dengan fly ash 0 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 20,37 MPa dan dengan fly ash 15 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 21,44 MPa dilihat dari tabel dan gambar menunjukkan bahwa beton sesuai mutu rencana sedangkan variasi mutu dengan fly ash 30 % didapat nilai kuat tekan beton sebesar 6,05 MPa belum sesuai mutu rencana yang ditargetkan. kuat tekan karakteristik untuk beton porous dengan fly ash 0% sebesar 20,374 MPa, beton porous dengan fly ash 15 % sebesar 21,436 MPa, dan beton porous dengan fly ash 30 % sebesar 6,049 MPa, sedangkan Porositas untuk beton porous dengan fly ash 0 % sebesar 2,34 %, beton porous dengan fly ash 15 % sebesar 2,07 % dan beton porous dengan fly ash 30 % sebesar 6,80 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah nilai porositas beton dan sebaliknya apabila nilai kuat tekan beton semakin rendah maka porositas beton semakin tinggi. Hasil pengujian porositas pada 3 variasi beton porous dengan fly ash 0 % didapat sebesar 2,34 %, beton porous dengan fly

ash 15 % didapat sebesar 2,07 % dan beton porous dengan fly ash 30 % didapat sebesar 6,80 %. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin rendah nilai porositas beton dan sebaliknya apabila nilai kuat tekan beton semakin rendah maka porositas beton semakin tinggi.<http://eprints.uniska-bjm.ac.id/8597/>

2.2 Dasar Teori

Beton yang baik mempunyai kuat tekan, dan kuat lekat yang tinggi, kedap air, tahan aus, tahan cuaca, tahan zat-zat kimia, susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya tinggi. Beton segar yang baik ialah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Kualitas beton dapat dipengaruhi dari bahan-bahan semen (kualitas dan kecepatan pengerasan), agregat (gradasi mempengaruhi kemudahan pengerjaannya, kadar air mempengaruhi perbandingan air-semen, kebersihannya (mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton), air (kualitas mempengaruhi pengerasan), dan bahan campuran (modifikasi dari sifat-sifat beton).

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ialah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa pada. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Agar hasil kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi

yang benar-benar homogeny dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah :

- Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
- Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
- Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Beton segar merupakan campuran beton yang setelah selesai diaduk hingga beberapa saat karakteristik dari beton tersebut belum berubah. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen dimana proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus maka akan menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar maka akan menjadi beton. Penambahan material lain maupun mengganti material yang sejenis atau berbeda akan membedakan jenis beton tersebut serta dapat menambah mutu dari beton itu sendiri. Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi, dan *bleeding* (Tri Mulyono, 2004).

Menurut SNI 03-2847-2002 beton dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasar berat satuan yaitu :

- Beton ringan, adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1.900 kg/m^3 .

- Beton normal, adalah beton yang mempunyai berat satuan 2.200 kg/m³ sampai 2.500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.
- Beton berat, adalah beton yang mempunyai berat satuan lebih dari 2.500 kg/m³.

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

- 1) Beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu :
 - a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non structural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.
 - b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan tambahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksananya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Diisyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.
- 2) Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :
- a. Beton ringan
- Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar $800-1800 \text{ kg/m}^3$ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m^3 , dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.
- b. Beton normal
- Beton normal adalah beton yang menggunakan pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.
- c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (mass concrete)

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

e. *Ferro-Cement*

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

f. Beton serat (*fibre concrete*)

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

Disamping beton memiliki pengelompokkan, beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu (Mulyono. T, 2004) :

1. Kelebihan :
 - Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
 - Mampu memikul beban yang berat
 - Tahan terhadap temperature tinggi

- Biaya pemeliharaan kecil.
2. Kekurangan :
- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
 - Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
 - Berat
 - Daya pantul suara yang besar

Mutu dan kualitas beton diatas, secara umum dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan campuran, cara pelaksanaan dan perawatannya. Secara lebih rinci, mutu dan kualitas beton dipengaruhi oleh :

1. Tipe dan mutu semen.
2. Sifat, bentuk dan kualitas agregat.
3. Ukuran dan gradasi agregat.
4. Rasio perbandingan antara air dan semen.
5. Kandungan bahan organis dan kotoran dalam agregat dan air.
6. Cara pelaksanaan (pencampuran, pengangkutan, penuangan, pemadatan, dan perawatannya)

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton (Tri Mulyono, 2004).

1. Proporsi bahan-bahan penyusun
2. Metode perancangan
3. Perawatan
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan

2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin uji. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kuat tekan beton. Beton relatif kuat menahan tekan keruntuhan disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain :

1. Faktor air semen, hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen, semakin tinggi kuat tekan betonnya. Namun kenyataannya, pada suatu nilai faktor air semen tertentu, semakin rendah nilai faktor air semen, kuat tekan betonnya semakin rendah. Hal ini dikarenakan jika faktor air semen semakin rendah, maka beton semakin sulit dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai faktor air semen yang optimal yang menghasilkan kuat tekan maksimal.
2. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
3. Jenis dan lekuk-lekuk (relief) bidang permukaan agregat, kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik yang lebih besar dari pada kerikil.
4. Efisiensi dari perawatan (curing), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal

yang sangat penting pada pekerjaan di lapangan dan pada pembuatan benda uji.

5. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
6. Umur pada keadaan yang normal. Kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

Nilai kuat tekan beton didapat melalui pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji kubus beton (volume kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm) sampai hancur. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang dicapai benda uji umur 7 dan 14 hari akibat beban tekan selama percobaan.

Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus:

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

dengan :

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

P = beban tekan, (N).

A = luas permukaan benda uji (cm)

A. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200kg/m^3 - 2500 kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tidak dipecah (SNI-03-2847-2002).



Gambar 1. Material utama pembentuk beton (Suardi, dkk. 2005)

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air. Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987).

2.4 Karakteristik Beton

Untuk merencanakan dan memperoleh beton yang karakteristik dan fungsinya sesuai dengan tujuan tertentu, kita perlu mengetahui karakteristik beton yang baik. Yang perlu disadari disini adalah perancangan komposisi bahan pembentuk beton merupakan penentu kualitas beton yang berarti pula kualitas total. Bukan hanya bahannya yang harus baik, melainkan juga keseragamannya harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton.

Karakteristik beton yang baik disimpulkan sebagai berikut:

a. Kepadatan

Ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen. Kepadatan mungkin saja merupakan kriteria primer untuk beton yang dipakai pada radiasi nuklir.

b. Kekuatan

Beton harus mempunyai kekuatan dan daya tahan internal.

c. Faktor air - semen

Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton yang direncanakan.

d. Tekstur

Permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekan yang tahan segala cuaca.

2.5 Jenis-jenis Beton

a. Beton ringan

Berat jenisnya $<1900 \text{ kg/m}^3$, dipakai untuk elemen non-struktural.

Dibuat dengan cara-cara berikut: membuat gelembung udara dalam

adukan semen, menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.

b. Beton normal

Berat jenisnya 2200-2500 kg/m³, dipakai hampir pada semua bagian struktural bangunan.

c. Beton berat

Berat jenis >2500 kg/m³, dipakai untuk struktur tertentu, misal: struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

2.6 Sifat-sifat Beton

a. Beton segar

Kemudahan pengerjaan/*Workability*, umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh:

1. Jumlah air yang dipakai. Makin banyak air, beton makin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen, semen bertambah, air juga ditambah agar FAS tetap, maka beton makin mudah dikerjakan.
3. Gradasi campuran pasir dan krikil.
4. Pemakaian butir maksimum krikil yang dipakai.
5. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat.

Segregasi, kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan:

1. Campuran yang kurus/kurang semen
2. Pemakaian air yang terlalu banyak.
3. Semakin besar butir krikil yang dipakai.

4. Campuran yang kasar, atau kurang agregat halus.
5. Tinggi jatuh pengecoran beton yang terlalu tinggi

Bleeding, kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini dapat dikurangi dengan cara:

1. Memberi lebih banyak semen dalam campuran
 2. Menggunakan air sesedikit mungkin
 3. Menggunakan pasir lebih banyak
 4. Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran
- b. Mutu Beton yang Lebih Tinggi
- a. K125-K175, digunakan sebagai lantai kerja atau penimbunan kembali dengan beton
 - b. K175-K250, umumnya digunakan sebagai struktur beton tanpa tulangan, misal: beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan dan pasangan batu
 - c. K250-K400, umumnya digunakan untuk beton bertulang, misal: pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang dan bangunan bawah jembatan
 - d. K400-K800, umumnya digunakan untuk beton prategang, seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya

B. Semen

Semen Portland adalah bahan pengikat organik yang sangat penting dipakai dalam bangunan - bangunan pada masa kini. Semen Portland adalah bahan pengikat Hidrolog (*Hidrolic bending agent*) artinya dapat mengeras dengan adanya air. Oleh karena itu maka semen bersifat:

- Dapat mengeras bila dicampur dengan air.
- Tidak larut dalam air.

1. Jenis - Jenis Semen Portland secara Umum

a. *Ordinary Portland Cement*

Ordinary Portland Cement adalah semen portland yang dipakai untuk semua macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus seperti ketahanan terhadap silfat, panas, hidrasi. Semen portland ini yang biasa dipakai untuk umurn dan biasanya dikenal dengan nama semen saja karena pembuatannya massal.

b. *Moderate Sulphate Resistance*

Moderate Sulphate Resistance adalah semen portland yang dipakai untuk kebutuhan semua macam konstruksi apabila diisyaratkan mempunyai ketahanan terhadap sulfat pada tingkatan sedang yaitu dipakai dilokasi tanah yang mengandung air tanah 0,08% - 0,17% dan mengandung 125 ppm SO^3 serta pH tidak kurang dari 6 dan sedang yaitu pada lokasi suhunya agak tinggi.

c. *Hight Early Strength Cement*

Hight Early Strength Cement adalah semen portland yang digiling lebih halus dan mengandung C_3S lebih banyak dibandingkan *Ordinary*

Portland Cement. Mempunyai sifat pengembangan kekuatan awal dan kekuatan pada umur panjang yang lebih tinggi dibandingkan OPC. Semen ini dapat dipakai pada keadaan *emergency* dan musim dingin, disamping itu dapat juga digunakan untuk *concrete product* atau *prestress concrete*.

d. *Low Heat of Hydration Cement*

Sifat- sifatnya ;

- Panas hidrasi yang rendah, oleh karenanya sesuai untuk masa *concrete construction*.
- Kekuatan tekan awalnya rendah tetapi kekuatan tekan pada umur panjang adalah sama dengan *Ordinary Portland Cement*.
- Shrinkage akibat pengeringan adalah rendah.
- Bersifat *chemical, resistance* terutama terhadap sulfat.

2. Kekuatan

Kekuatan semen yang diukur adalah kekuatan tekan terhadap pasta, mortar, beton.

- Pasta adalah campuran antara semen dan air pada perbandingan tertentu
- Mortar adalah campuran antara semen, air dan pasir pada perbandingan tertentu
- Beton adalah campuran antara semen, air, pasir dan agregat/kerikil pada perbandingan tertentu, kadang-kadang ditambah additive.

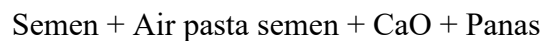
Kekuatan tekan diukur pada umur 28 hari. Kekuatan tekan yaitu kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan adalah

- a. Kualitas semen (makin halus semen makin tinggi kekuatannya)
 - b. Kualitas selain semen
 - Kualitas air (suhu air $23^{\circ} \text{C} \pm 1,7^{\circ} \text{C}$)
 - Kualitas agregat
3. Penggunaan semen portland

Adapun penggunaan semen portland antara lain :

- Sebagai bahan pengikat dalam pembuatan campuran beton.
 - Bahan untuk pembuatan elemen - elemen bangunan, seperti : tegel, genteng, pipa - pipa dan lain- lain.
 - Dipakai sebagai bahan campuran pembuatan semen PPC (*Puzzolanic Portland Cement*)
 - Dipakai sebagai bahan stabilisasi seperti bata-bata tanah stabilisasi.
4. Pasta Semen

Dalam beton, pasta semen merupakan bahan utama serta merupakan pengikat butir-butir agregat mutu massa yang kuat dan padat. Sifat pengikatan pasta semen disebabkan oleh reaksi kimia antara semen dan air.



Diperlukan sedikit air untuk menyelesaikan reaksi kimia ini, kelebihan air dapat menurunkan kekuatan dan ketahanan pasta tetapi dalam prakteknya lebih banyak air yang digunakan. Perbandingan antara air dan semen yang tepat perlu dicari. Beton biasanya terdiri dari:

Semen	= 7% - 14%	volume beton
Air	= 15% - 19%	volume beton
Agregat	= 66% - 78%	volume beton

C. Agregat

Butiran mineral dengan ukuran diameter dan gradasi butiran tertentu yang apabila dicampur dengan semen dan air akan menghasilkan beton Tujuan penggunaan agregat.

- Sumber kekuatan dari beton
- Menghemat semen
- Memperkecil tingkat penyusutan beton
- Mencapai kepadatan beton yang maksimal
- Memperoleh *workability* yang baik

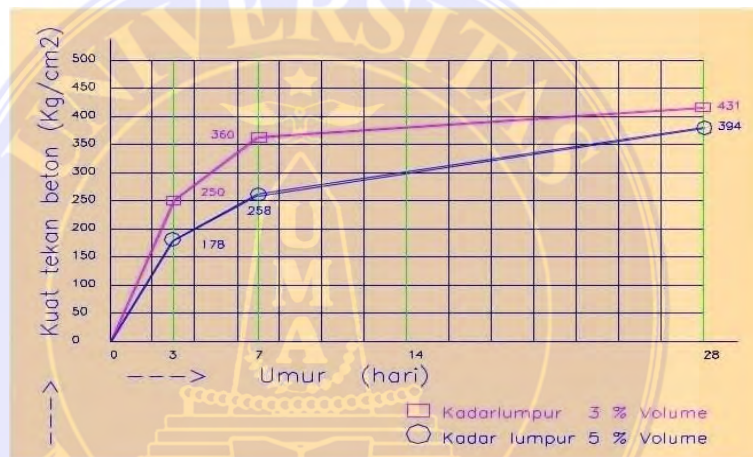
Agregat harus memenuhi salah satu dari ketentuan berikut:

- ASTM C33. Spesifikasi agregat untuk beton
- SNI 03-2461-1991. Spesifikasi agregat ringan untuk beton struktur.

Spesifikasi umum:

- Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
- Butiran tajam, keras, kekal (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
- Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.

- d. Gradasi sesuai spesifikasi teknik yang diminta dan hindari *gap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga dan harga satuan beton akan menjadi lebih mahal.
- e. Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.
- f. Kadar lumpur agregat tidak boleh melampaui standar pada Butir, karena akan berpengaruh pada kuat tekan beton. Lihat Gambar 2



Gambar 2. Grafik perbandingan kuat tekan beton (Suardi, dkk 2005).

Ukuran maksimum agregat kasar harus tidak melebihi:

- a. 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
- b. 1/3 ketebalan pelat lantai, ataupun
- c. Jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan, kawat-kawat, bundel tulangan, tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.

1. Agregat Kasar

Agregat dengan butiran >5 mm. Jenis agregat kasar:

a. Kerikil alami

Kerikil ini didapat dari proses alami yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah dari pada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi. Alami adalah hasil desintegrasi alam (kerikil), dengan penggolongan:

- Kerikil halus = 0,5 mm - 10 mm
- Kerikil sedang = 10 mm - 20 mm
- Kerikil kasar = 20 mm - 40 mm
- Kerikil kasar sekali = 40 mm - 70 mm

b. Batu pecah alami

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya. Hasil pemecahan dengan stone crusher, dengan penggolongan:

- 0,5 mm - 10 mm
- 10 mm - 20 mm
- 20 mm - 40 mm
- 40 mm - 80 mm

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no. 4 dan no. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dan saringan no. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus.

Agregat dengan butiran antara 0,14 s/d 5,0 mm

Jenis agregat halus:

- Buatan = pasir hasil pemecahan
- Alami = pasir gunung, pasir sungai, pasir laut

Agregat halus sangat berperan dalam menentukan:

- Kemudahan pengerjaan = *workability*
- Kekuatan beton = *strength*
- Keawetan beton = *durability*

Pemakaian Kerikil dibanding Batu Pecah

Keuntungan:

- Harga lebih murah

- Dengan *workability* yg sama pasta semen terpakai lebih sedikit harga beton per m³ akan lebih murah

Kerugian:

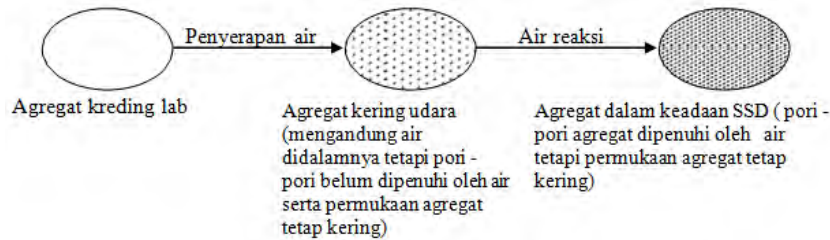
- Kontinuitas pengadaan kurang terjamin
- Ukuran butiran amat bervariasi
- Permukaannya relative halus sehingga daya ikatnya kurang atau sulit mencapai mutu beton tinggi
- Kandungan lumpur relatif tinggi

D. Air

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira - kira 30% dari berat semen. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi sebab penggunaan air yang terlalu banyak dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Keadaan kandungan air secara nyata dari pasta dipengaruhi oleh kandungan kelembaban dalam agregat.

Bila kondisi udara kering, pasta akan menyerap air dengan cara demikian secara efektif menurunkan faktor air semen dan mengurangi *workability*. Pada sisi yang lain jika agregat terlalu basah, pasta akan berkontribusi air permukaan pasta, keduanya meningkatkan kadar air semen dan *workability* tetapi menurunkan kekuatan. Oleh karena agregat yang digunakan dalam pencampuran beton diusahakan dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), yaitu butir- butir agregat yang jenuh air, artinya

semua pori-pori yang tembus air terisi penuh oleh air sedang permukaannya kering, proses agregat dari keadaan kering lab menjadi keadaan SSD dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3. Proses agregat dari keadaan kering lab menjadi keadaan SSD (Putu, dkk., 2009)

Selama proses pengerasan, beton akan mengalami reaksi kimia yaitu proses hidrasi, proses hidrasi membutuhkan air dalam jumlah yang cukup, sehingga dihindari terjadinya penguapan, sebab akan menghentikan proses hidrasi akibat kehilangan air. Penguapan selain menghentikan proses hidrasi juga menyebabkan penyusutan kering secara tepat, yang mengakibatkan beton menjadi retak-retak, untuk itu dilakukan pekerjaan perawatan beton agar permukaannya selalu basah. Perawatan beton yang perlu dilakukan adalah menjaga kelembaban beton agar terus menerus dalam keadaan basah selama beberapa hari dan mencegah penguapan dan penyusutan awal. Perawatan yang teratur dan terjaga akan memperbaiki kualitas beton itu sendiri yaitu membuat beton tahan terhadap agresi kimia. Cara perawatan beton yang dilakukan antara lain:

- a. Menyirami permukaan beton dengan air secara terus menerus

Hal ini dilakukan pada waktu beton belum mengeras, dilakukan sekitar satu minggu setelah pencetakan beton. Perawatan dengan cara ini dapat

dilakukan pada beton untuk konstruksi balok, kolom dan dinding-dinding vertikal.

b. Mengenai permukaan beton dengan air.

Perawatan dengan cara ini sangat cocok untuk konstruksi pelat-pelat atap. Penggenangan yang dilakukan minimal dua minggu untuk menurunkan suhu akibat terjadi penguapan.

c. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.

Perawatan dengan cara ini dilakukan minimal dua minggu secara terus menerus. Bila karung kelihatan akan kering maka karung segera disiram lagi. Karena karung basah dapat melindungi beton dari terik matahari langsung dan menurunkan suhu penguapan beton.

Air untuk perawatan dan pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangnya. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau dan dapat diminum. Air merupakan media pencampur pada pembuatan pasta, mortar dan beton. Mortel adalah terbentuk senyawa-senyawa hidrat menyebabkan terjadinya senyawa-senyawa yang sukar larut dalam air terutama senyawa kalsium hidroksilat dan dengan cepat menyebabkan adukan.

Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan dan kandungan air yang rendah menyebabkan reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan mudah mengerjakannya, kekuatan mortar dan beton rendah, mortar dan beton menjadi porous. Terjadinya pemisahan antara pasir/agregat pada adukan mortar atau beton yang disebut "segresi". Kekuatan

dari hardened cement pasta ditentukan oleh perbandingan berat antara faktor air semen.

Hal - hal yang mempengaruhi kekuatan tekan

1. Faktor air semen (*water ratio cement = w/c*)

Faktor air semen adalah perbandingan berat air terhadap berat semen.

Faktor air semen ($FAS = w/c$) = berat air/berat semen. Faktor air semen harus dihitung sehingga caripuran air dan semen menjadi pasta yang baik, artinya tidak kelebihan air dan tidak kelebihan semen. Apabila faktor air semen tinggi, berat air tinggi, sehingga kelebihan air akibatnya air akan merembes keluar membawa sebagian pasta semen, pasta tidak cukup mengikat agregat dan mengisi rongga yang menyebabkan beton tidak kuat. Hal ini harus dipahami oleh pelaksana pembuat mortar atau beton. Kadang kala karena menginginkan jumlah pasta yang besar dengan menambahkan air tanpa perhitungan, sehingga menjadi encer.

2. Pemisahan (*segration*)

Beton dikatakan mengalami pemisahan apabila agregat kasar terpisah dari campuran selama pengangkutan, pengecoran dan pemadatan sehingga sukar dipadatkan, berongga-rongga tidak homogen, beton yang berongga-rongga kurang kuat/mudah pecah.

3. *Bleeding*

Bleeding adalah pemisahan air dari campuran beton yang merembes kepermukaan beton waktu diangkut, dipadatkan atau setelah dipadatkan. *Bleeding* terjadi karena:

- Pemakaian air yang berlebihan.
- Semennya kurang.
- Agregat kasar turun karena beratnya sendiri dan air naik kepermukaan dengan sendirinya akibat gaya *capillary*.

Bleeding dapat mengakibatkan permukaan beton rusak dan apabila penguapan lebih cepat dari *bleeding*, beton akan retak-retak.

2.6 Konsep umum laju infiltrasi

Pada saat hujan ke permukaan beton, sebagian air tersebut tertahan cekungan-cekungan. sebagian air mengalir sebagai aliran permukaan dan sebagian lainnya meresap ke dalam tanah. Saat hujan mencapai permukaan lahan maka akan terdapat bagian hujan yang mengisi ruang kosong dalam tanah yang terisi udara sampai mencapai kapasitas lapang dan berikutnya ke bawah secara gravitasi akibat berat yang terdapat di bawah permukaan air tanah. Gerak air di dalam beton pori-pori beton yang di pengaruhi gaya gravitasi dan gaya kapilaritas. gaya gravitasi menyebabkan aliran menuju ke tempat yang lebih rendah, sementara gaya kapilaritas menyebabkan air mengalir kesegala arah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara mengambil, menganalisis data yang dilakukan untuk memecahkan masalah dari topik masalah yang diambil sebelumnya. Menurut Sugiyono (2010), metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan yang ditemukan, dikembangkan dan dibuktikan, sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan, yang beralamat di Jalan Setia Budi, Kampung Tengah, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan.

3.3 Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan yaitu :

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen *Portland* merek Semen Andalas

2. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar diambil dari Panglong Jaya Makmur, Jalan Setia Budi No. 8. Tanjung Sari, Kec. Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara

3. Air

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

4. Oli bekas

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pemeriksaan Material

1. Pemeriksaan analisa ayakan agregat

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butir atau gradasi (halus) dengan menggunakan saringan yang tersedia. Gradasi dan modulus kehalusan dipergunakan untuk menentukan komposisi material pembentuk beton.

Pengujian agregat :

1. Ambil agregat yang kering dengan berat sampel 1000 gram.
2. Sediakan ayakan dan susun berturu-turut dari atas kebawah sesuai ukurannya, 25.4 mm, 19.0 mm dan 12,7 mm
3. Masukkan agregat kedalam ayakan lalu ditutup.
4. Letakkan ayakan diatas mesin penggetar (*shieve sheker machine*).
5. Hidupkan mesin selama 5 (lima) menit.
6. Timbang sampel yang tertahan pada masing-masing ayakan.

2. Pemeriksaan berat jenis dan absorsi agregat

Tujuan Penelitian :

- a) Untuk menentukan berat jenis agregat dalam keadaan kering oven,
- b) Menentukan berat jenis agregat kering permukaan,
- c) Menentukan kadar air agregat kasar kering permukaan henuh air (SSD) dan penyerapan (absorsi) .

3. Pedoman Penelitian : Berat jenis kering < Berat jenis SSD < Berat jenis semu

4. Prosedur Penelitian :

- d) Sediakan agregat .
- e) Rendam agregat tersebut dalam wadah dengan air selama 24 jam.
- f) agregat tersebut dianginkan hingga tercapai kondisi kering permukaan.
- g) Sediakan agregat yang telah mencapai keadaan SSD dalam dua bagian masing-masing seberat 500 gram. Bagian yang pertama dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan selama 24 jam. Bagian yang lain dimasukkan ke dalam piknometer kemudian diisi dengan air dan diguncang berulang-ulang dengan tujuan agar udara yang ada dalam agregat keluar, yang ditandai dengan adanya buih dalam air. Buih yang keluar dibuang dengan cara mengisi piknometer dengan air sampai melimpah sampai leher piknometer tersebut.
- h) Pengisian air dilakukan secara perlahan-lahan. Setelah udara tidak ada lagi, atur agar air sampai batas air.

- i) Timbang berat piknometer + air + agregat.
- j) Buang isi piknometer lalu isi dengan air bersih hingga batas maksimum air.
- k) Timbang berat piknometer yang berisi air, dan catat hasilnya.
- l) Untuk agregat yang sudah di ovenkan dan sudah dalam keadaan kering, lakukan penimbangan.



Gambar 4. Penyaringan Agregat (Dokumentasi Lapangan,2023)

2. Kadar lumpur agregat kasar

1. Tujuan penelitian

Menerangkan prosedur pemeriksaan kadar air pada agregat dan menghitung persentase kadar air pada agregat.

2. Pedoman Penelitian

Kandungan lumpur tidak dibenarkan melebihi 5% apabila melebihi maka pasir harus dicuci



3.4.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen kualitatif tentang struktur beton porous dengan karakteristik durasi yang berbeda yaitu sempel saat umur beton 7 hari dan 14 hari, benda uji dibuat 4 buah beton 7 hari dan 14 hari. Tahap persiapan meliputi pengumpulan data-data teori dasar, mempersiapkan material yang diperlukan, mempersiapkan alat yang akan digunakan.

1. Tahap perhitungan campuran beton pada tahap ini merencanakan *mix design*.
2. Tahap pengecoran, pengecoran meliputi persiapan penjemuran agregat kasar dan halus sebelum pembuatan beton, penakaran dan pengadukan.
3. Pemeriksaan kekentalan adukan beton pada tahap ini setelah pembuatan adukan beton segar kemudian diuji kekentalannya dengan *slump test*.
4. Tahap pencetakan beton, beton segar yang sudah siap lalu di cetak dengan bentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm.
5. Tahap pengeringan beton, beton yang telah dicetak kemudian di keringkan selama 1 hari.
6. Tahap perawatan / perendaman beton
7. Pengujian kuat tekan beton.

3.4.3 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut ;

1. Mempersiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
2. Menimbang bahan yang dibutuhkan.

Tabel 1. Standarisasi yang di pakai (.....,2023)

Spesifikasi	Standar
Pemakaian Semen	SNI 15-2049-2004
Pengujian Kuat Tekan	SNI 03-1974-1990
Pembuatan Campuran Beton Normal	SNI 03-2834-2000
Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Beton	SNI 03-2834-2000
Komposisi Material Adukan Beton	SNI 7394:2008

3.4.4 Pengujian Tekan Beton

Untuk mengetahui besarnya kekuatan tekan dari beton, maka perlu dilakukan pengujian yang mengacu pada standar (ASTM C 39/C 39M-2001). Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan adalah Compression Testing Machine (CTM). Prosedur pengujian tekanan :

1. Pengujian tekanan dilakukan setelah perawatan 7 dan 14 hari.
2. Beton dikeluarkan dari bak perendaman kemudian dilakukan pengeringan.
3. Meletakkan benda uji pada meja penekanan.
4. Memeriksa manometer yang akan digunakan.
5. Memutar jarum merahnya sehingga berimpit dengan jarum hitam pada skala nol.

6. Menghidupkan mesin penggeraknya dan *handle* di stel pada posisi penekanan secara perlahan-lahan.
7. Mengamati pergerakan jarum manometer tadi, pada saat jarum penunjuk skala beban tidak naik lagi atau bertambah, maka skala yang ditunjukkan oleh jarum tersebut sebagai beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda tersebut.

3.5 Tahapan pengujian Laju infiltrasi

Nilai laju infiltrasi berbanding lurus dengan jumlah rongga antara ikatan-ikatan agregat pada beton lolos air. Semakin banyak jumlah rongga maka semakin besar pula nilai laju infiltrasinya, sebaliknya semakin sedikit jumlah rongganya maka semakin kecil pula nilai laju infiltrasinya. Nilai laju infiltrasi dalam satuan mm/jam dengan menggunakan infiltration ring yang berdiameter 150mm dan metode pengujiannya berdasarkan acuan pada ASTM C 1701/C 1701 M-09 dihitung dengan rumus. Secara praktis pengukuran infiltrasi ini di maksudkan untuk memperoleh gambaran tentang besaran dan laju infiltrasi serta variasinya sebagai waktu.

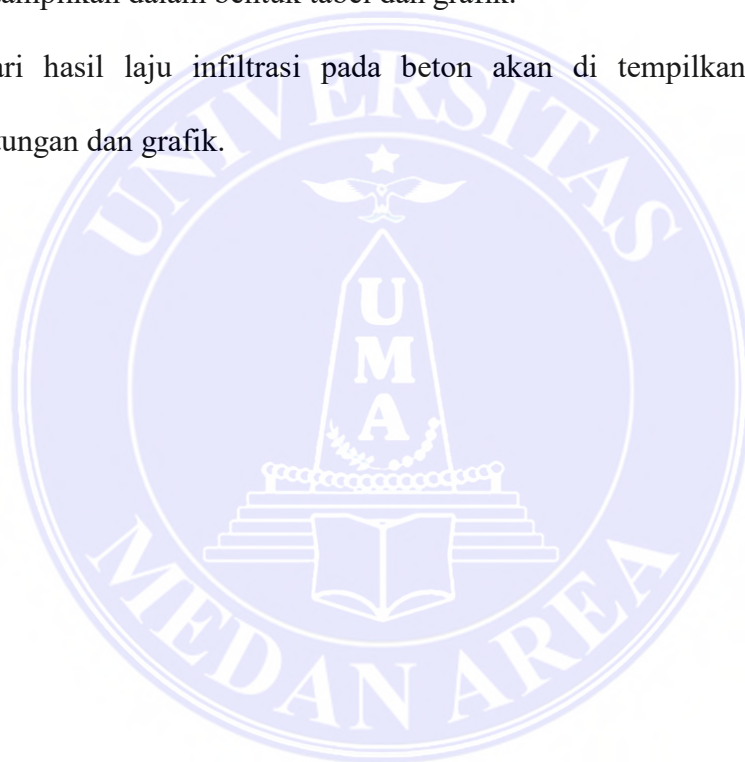
Ada dua cara dalam menentukan kapasitas infiltrasi

1. Dengan pengukuran langsung di lapangan
2. Dengan analisis hidrograf

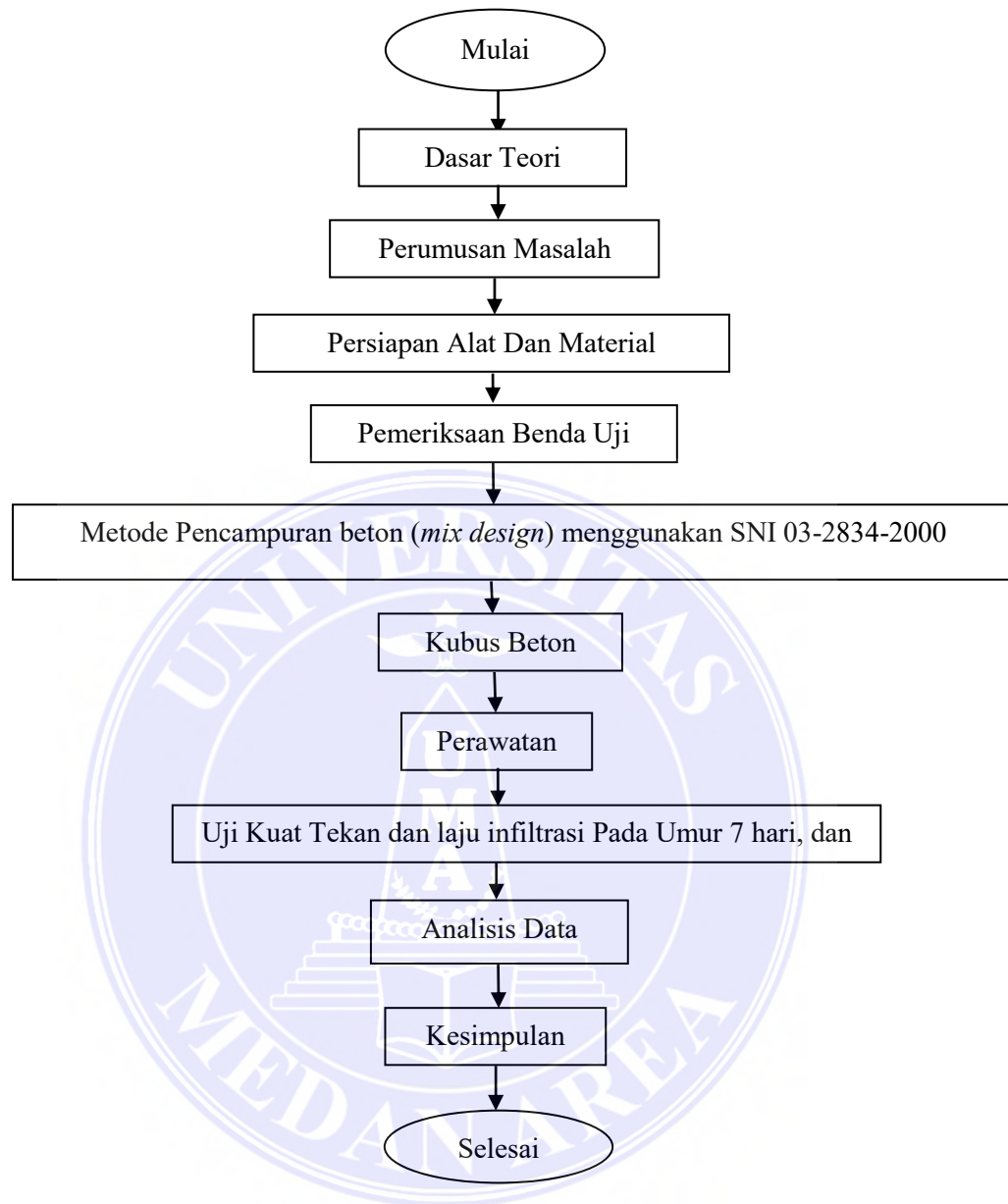
3.6 Analisis Data

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan cara :

1. Hasil dari pengujian sampel beton yang di tampilkan dalam bentuk tabel.
2. Dari hasil pengujian sampel beton terhadap masing-masing pengujian seperti pengujian semen, agregat kasar, dan air.
3. Dari hasil pengujian kuat tekan beton setelah umur yang ditentukan akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.
4. Dari hasil laju infiltrasi pada beton akan di tempilkan dalam bentuk hitungan dan grafik.



3.7 Bagan Alur Penelitian



Gambar.5 Diagram alir penelitian (Olahan Data, 2022)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

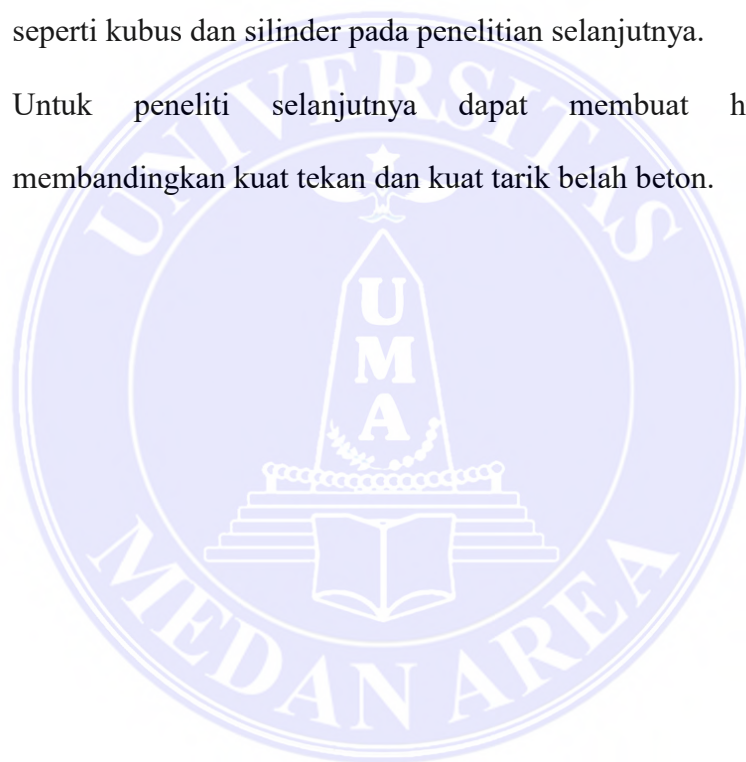
Berdasarkan data hasil uji laboratorium dan grafik yang dihasilkan pada penelitian untuk kuat tekan beton dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil tes kuat tekan benda uji kubus 7 hari yaitu sebesar sebesar BPS1 11,86 dan Mpa, BPS2 12,35 Mpa. Di mana besar kuat tekan beton tidak sebesar beton lainnya. dan hasil tes kuat tekan benda uji kubus 14 hari yaitu sebesar sebesar BPS3 16,22 Mpa,BPS4 17,46 Mpa.Di mana besar kuat tekan beton tidak sebesar beton lainnya.
2. Hasil laju infiltrasi Menunjukkan pada beton non pasir semakin banyak jumlah debit air yang mengalir pada beton porous maka daerah pori pori beton porous semakin lambat mengalir air dapat dilihat pada grafik diatas laju infiltasi/detik semakin banyak debit air semakin lama laju infiltrasinya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan berkaitan dengan penelitian yang dilakukan ini adalah

1. Perlu penelitian lebih lanjut menambahkan dengan variasi bahan tambah *bestmittel* dan kuat tekan rencana yang lebih beragam, untuk mengetahui perilaku kekuatan tekan pada berbagai usia (variasi lanjutan).
2. Memperbanyak benda uji per-variasi dan membuat sample yang berbeda seperti kubus dan silinder pada penelitian selanjutnya.
3. Untuk peneliti selanjutnya dapat membuat hubungan atau membandingkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, S. S. 2014. "Pengaruh Kadar Zat Additive Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Mutu Tinggi. Fakultas Teknik, Universitas Lampung". Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Ariyani. N, Sasongko. T. A, (2014). "Pengaruh Penggunaan *Besmittel* Untuk Mempercepat Kuat Tekan Beton". Journal Majalah Ilmiah UKRIM, Edisi I (1-11).
- Artana I. W, Laintarawan, I. P., & Widnyana, I. N. S. (2009). "*Buku Ajar Konstruksi Beton I*". Denpasar.
- Bahar, S., Fata, N. A., Kurniawati, E. & Suhandi, R. 2005. "*Pedoman Pekerjaan Beton*". Jakarta: PT. Wijaya Karya.
- Karmila, L. (2017). "*Pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan beton*". Skripsi. Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area: Sumatra Utara.
- Nurmaidah, M.T. (2019). "*Modul Praktikum Teknologi Bahan*". Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area: Medan.
- Rahmat, Hendriyani. I & Anwar. M. S. (2016). "*Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture*". Journal Info Teknik, Vol. 17 No. 2 (205-218).
- SK SNI T-15-1990-03. Pembuatan Benda Uji, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 03-1972-1990. Metode Pengujian Slump, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 03-1974-1990. Pengujian Kuat Tekan Beton, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 15-7064-2004. Semen Portland Komposit, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2004.
- Sulistiyawati, R. (2009). "Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton". Journal Teodolita, Vol.11 No. 2 (34-46) Tjokrodinuljo,K., Teknologi Beton, Nafiri, Yogyakarta, 1996.

LAMPIRAN



Gambar : Beton porous 2023 (Laboraturium 2023)



Gambar : Menimbang beton porous 2023 (Laboraturium 2023)



Gambar : Kuat Tekan beton porous (Laboraturium 2023)



Gambar : Cetakan beton (Laboraturium 2023)



Gambar : Saringan agregat (Laboratorium 2023)



Gambar : Perendaman beton porous (Laboratorium 2023)



Gambar : Beton porous dalam cetakan (Laboraturium 2023)



Gambar : menimbang bahan beton (Laboraturium 2023)



Gambar : Pencampuran Bahan Beton 9 Laboraturium 2023)



Gambar : Timbangan (Laboraturium 2023)