

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

##### **2.1.1 Beton**

Beton adalah campuran dari material agregat kasar, agregat halus, air dan semen, kadang-kadang juga ditambah dengan bahan tambahan (*additive*) dimana kekuatan beton dipengaruhi oleh sifat material tersebut oleh sebab itu perbandingan dari material tersebut harus diperhatikan supaya dapat mendapatkan beton bermutu tinggi. Dan dengan adanya penambahan zat aditif pada beton dapat menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004)

Secara sederhana beton dibentuk oleh campuran antara agregat, air, semen, dan dengan tambahan bahan tambahan guna untuk memperbaiki kualitas dari beton (Asroni,2010)

Material untuk pembetukan beton harus dicampur dan dengan perbandingan komposisi yang sudah ditentukan supaya dapat menghasilkan suatu campuran sesuai dengan keinginan kita

Menurut Tjokrodinuljo (1996), berdasarkan jenisnya beton yaitu:

1. Beton normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat volume  $2400 \text{ kg/m}^3$  dengan mempunyai nilai kuat tekan antara 15 Mpa - 40 Mpa dan beton ini dapat menghantarkan panas.

2. Beton ringan

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat volume kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$  dengan mempunyai nilai kuat tekannya kecil dari beton biasa dan beton ini kurang baik dalam menghantarkan panas.

3. Beton massa

Beton massa yaitu beton yang mempunyai volume yang besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Dan beton massa dimensinya lebih dari 60cm.

a. *Ferosemen*

*Ferosemen* adalah bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman, dan *ferosemen* sering juga diartikan beton bertulang.

b. Beton serat

Beton serat adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lainnya berupa serat. Bahan serat dapat berupa seperti serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan contoh nya seperti rami, bambu, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) ataupun potongan kawat logam.

c. Beton non pasir

Beton non pasir adalah beton ringan yang diperoleh dari menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya, dan rongga dalam beton non pasir mencapai 20-25%.

d. Beton siklop

Beton siklop adalah beton yang sama dengan beton biasa yang perbedaannya dengan ukurannya besar-besar, dimana ukurannya dapat mencapai 20 cm, tetapi proporsi agregat yang lebih besar dan tidak boleh lebih dari 20%.

e. Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton hampa adalah beton yang dibuat seperti beton biasa, tetapi setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi akan disedut dengan cara khusus, dan cara ini disebut cara vakum (*Vacuum Method*). Dan dengan demikian air yang tertinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen dan akan memperoleh beton yang sangat kuat.

Menurut Mulyono (2006) beton di bedakan menjadi 3 kelas yaitu sebagai berikut:

- a. Beton kelas I yaitu beton untuk pekerjaan yang *non structural* biasanya untuk pelaksanaannya tidak perlu keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan untuk kekuatannya tidak disyaratkan pemeriksaan
- b. Beton kelas II yaitu beton pekerjaan struktural umum. Dimana dalam

pengerjaannya memerlukan keahlian dan harus dikerjakan oleh tenaga ahli.

- c. Beton kelas III yaitu beton dalam pekerjaan struktural yang lebih tinggi. Dimana dalam pengerjaannya memerlukan keahlian khusus dan dilakukan oleh tenaga ahli.

Sifat dan karakteristik beton secara umum:

- 1) Beton sangat baik menahan gaya tekan (high compressive strength), tetapi tidak begitu pada gaya tarik (low tensile strength). Bahkan kekuatan gaya tarik beton hanya sekitar 10% dari kekuatan gaya tekannya.
- 2) Beton tidak mampu menahan gaya tegangan (tension) yang tinggi, karena elastisitasnya yang rendah.
- 3) Konduktivitas termal beton relatif rendah. Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan.
- 4) Dengan cara khusus umpamanya diekspos agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya)

Keuntungan dari beton antara lain (Sutikno, 2003):

- 1) Mudah dicetak artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran berapapun tergantung dari keinginan.
- 2) Ekonomis artinya bahan-bahan dasar dari bahan lokal kecuali Portland cement, hanya daerah-daerah tertentu sulit mendapatkan pasir maupun kerikil. Dan cetakan dapat digunakan berulang-ulang sehingga secara ekonomis menjadi murah.
- 3) Awet dan tahan lama artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat secara baik kuat tekannya sama dengan batu alam.
- 4) Tahan api, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

- 5) Energi efisien artinya beton kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat dikatakan mampu dibuat struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai hampir sama
- 6) Dapat dicor ditempat artinya beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambungkan dengan beton baru (di grouting).
- 7) Bentuknya indah artinya dapat dibuat model sesuka hati menurut selera yang menghendakinya.

Kerugian dari beton antara lain (Sutikno, 2003:2):

- 1) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
- 2) Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton
- 3) Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air dan air membawa kandungan garam dapat merusak beton.
4. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahanan gempa.

#### d. Bahan Campuran Beton

##### **2.1.2 Semen**

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10 %, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen Portland diproduksi untuk pertama kalinya pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, dengan memanaskan suatu campuran tanah liat yang dihaluskan

dengan batu kapur atau kapur tulis dalam suatu dapur sehingga mencapai suatu suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Proses kering dan proses basah merupakan dua cara produksi yang dipergunakan dalam pembuatan semen.

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen Portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silica (SiO<sub>2</sub>) sekitar 20 % - 25 %, dan oksida besi serta alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sekitar 7 % - 12 %. Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1) Sifat fisika semen Portland Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi dan hilang pijar.

2) Sifat-sifat kimiawi. Sifat-sifat kimiawidari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (insoluble residu), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

a) Trikalsium Silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C3S.

b) Dikalsium Silikat (2CaO. SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C2S.

c) Trikalsium Aluminat (3CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C3A.

d) Tertakalsium aluminoferrit (4CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C4AF

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen membentuk karakter dan jenis semen menjadi lima jenis (Binamarga), yaitu :

1) Tipe I, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.

2) Tipe II, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

3) Tipe III, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.

4) Tipe IV, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.

5) Tipe V, semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### 2.1.3 Agregat

Menurut Silvia Sukirman (2003) agregat adalah butir-butir pasir, batupecah kerikil yang berasal dari alam atau buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar atau kecil dan berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat pada campuran beton, agregat sangat mempengaruhi pada mutu beton yang akan dihasilkan, menurut Tjokodimulyo (1992) agregat digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Batu yaitu memiliki ukuran butir lebih dari 40 mm.
2. Kerikil yaitu memiliki ukuran butir antara 40 mm sampai 5 mm.
3. pasir yaitu memiliki ukuran butir antara 5 mm sampai 0,15 mm.

#### a. Berat Jenis Agregat

Berdasarkan berat jenisnya agregat dibedakan menjadi agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat (Tjokrodimuljo, 1996):

- 1) Agregat normal yaitu agregat yang mempunyai berat jenisnya antara 2,4 – 2,9 biasanya agregat normal berasal dari granit, basalt, kuarsa. Biasanya agregat normal mempunyai kuat tekan antara 15 MPa – 40 MPa.
- 2) Agregat ringan yaitu agregat yang berat jenis  $< 2,0$  biasanya agregat ringan digunakan untuk nonstruktural, kelebihan agregat ringan adalah memiliki berat sendiri yang cukup rendah sehingga mempunyai struktur yang ringan dan pondasinya lebih kecil.
- 3) Agregat berat yaitu agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8

#### b. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan distribusi proporsi ukuran butir agregat (Mindess *et al* 1996). Gradasi agregat ini sangat berpengaruh dalam campuran beton yaitu dalam menentukan kemudahan dalam pengerjaan atau *workabilitas* dan stabilitas campuran

Agregat diayak sesuai dengan urutan ayakan standar dimana ukuran ayakan yang terbesar akan diletakkan di paling atas. Setelah diayak maka akan

dicatat dan dihitung presentase kumulatif tertahan dan presentase kumulatif lolos

Agregat yang memiliki gradasi yang semakin padat maka menghasilkan beton yang baik dan ekonomis dan jika gradasi yang didapat kurang memuaskan harus memilih proposi campuran sesuai dengan material yang ada.

Gradasi agregat dibedakan menjadi 3 secara umum yaitu:

1) Gradasi Seragam

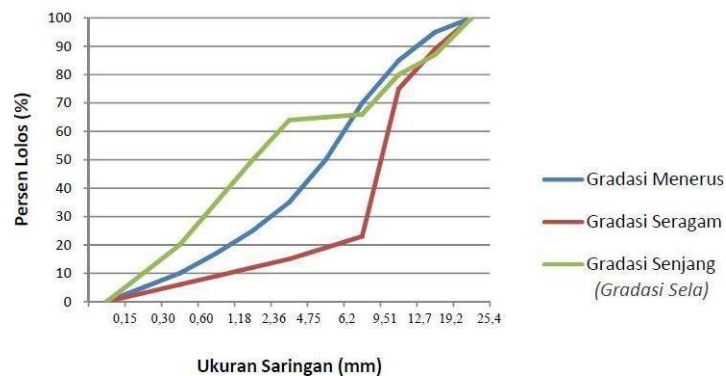
Gradasi seragam yaitu gradasi agregat yang memiliki ukuran butir yang hamper sama, dimana gradasi ini juga disebut gradasi terbuka (*open graded*) dikarenakan hanya mengandung sedikit pasir atau agregat halus dan menyebabkan rongga kosong antar agregat

2) Gradasi Rapat

Gradasi rapat yaitu gradasi agregat yang terdapat butiran agregat kasar sampai halus, atau juga disebut sebagai gradasi baik (*well graded*). Untuk campuran aspal dengan memakai gradasi ini akan memiliki stabilitas yang tinggi, memiliki berat isi yang besar dan agak kedap terhadap air.

3) Gradasi Senjang

Gradasi senjang yaitu gradasi agregat yang ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau jumlahnya sedikit.



Sebagai persyaratan gradasi dipakai nilai presentase dari berat butir yang tertinggal di ayakan. Susunan ayakan tersebut yaitu: 76 mm (3”), 38 mm (1½”), 19 mm (¾”), 9,6 mm (3/8”), 4,80 mm (No. 4), 2.40 mm (No. 8), 1.20 mm (No. 16), 0.60 mm (No. 30), 0.30 mm (No. 50) dan 0.15 mm (No. 100).

1. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat dengan besar butiran maksimum agregat 4,75mm. Dimana agregat halus mempunyai ukuran berkisaran 0,15 mm sampai 4,75 mm yang lolos saringan no 4. Dalam campuran beton agregat halus sebagai pengisi diantara agregat kasar, agregat halus harus bebas dari lempung, bahan organik, ataupun bahan yang dapat merusak beton (SNI 02-6820-2002)

Modulus butir atau angka kehalusan beton agregat halus harus memenuhi syarat-syarat menurut SNI 8321:2016 yaitu:

- a) Dalam campuran Agregat halus tidak boleh mengandung lebih 5% lumpur dari berat kering nya, jika lebih dari 5% maka agregat halus harus terlebih dahulu dicuci.
- b) Tidak boleh mengandung bahan organik.
- c) Terdiri dari butiran yang keras, tajam, dan harus bersifat kekal artinya agregat halus tidak boleh hancur disebabkan pengaruh cuaca atau temperatur.

Dalam SNI 7656:2012 kekasaran pasir dibedakan menjadi 4 kelompok menurut gradasinya yaitu:

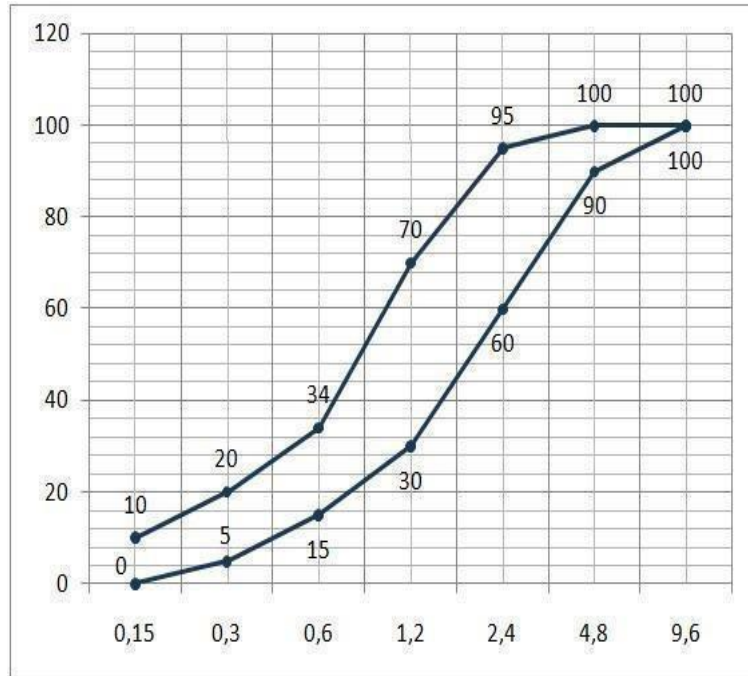
**Tabel 2. 1 Kekasaran Pasir**

Lubang ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100
2.4	60	95	75	100	80	100	95	100
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15

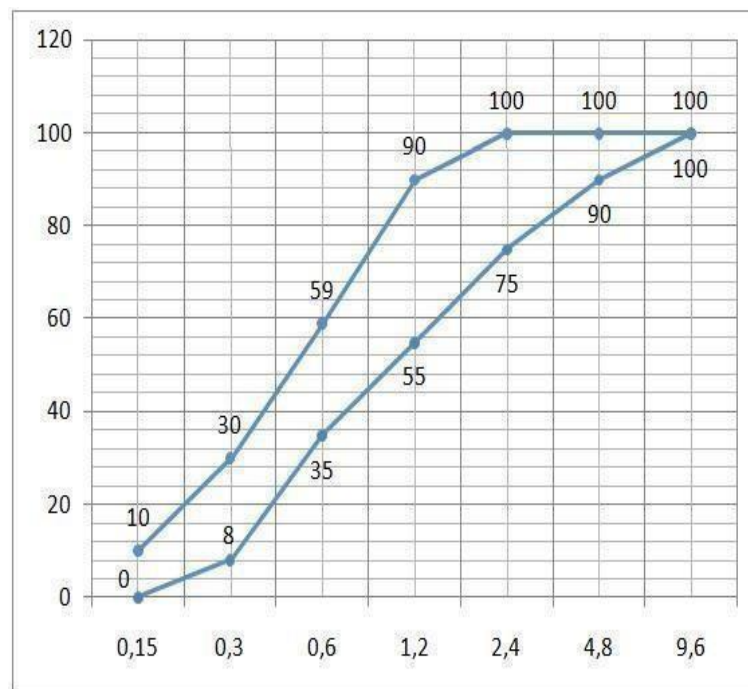
Keterangan:

- Zona 1 adalah pasir kasar
- Zona 2 adalah sedang
- Zona 3 adalah pasir agak halus
- Zona 4 adalah pasir halus

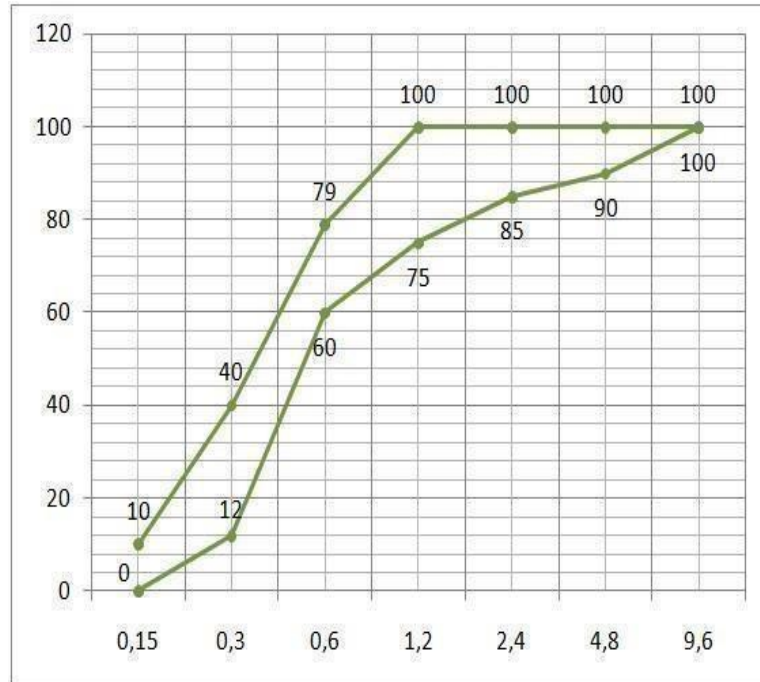




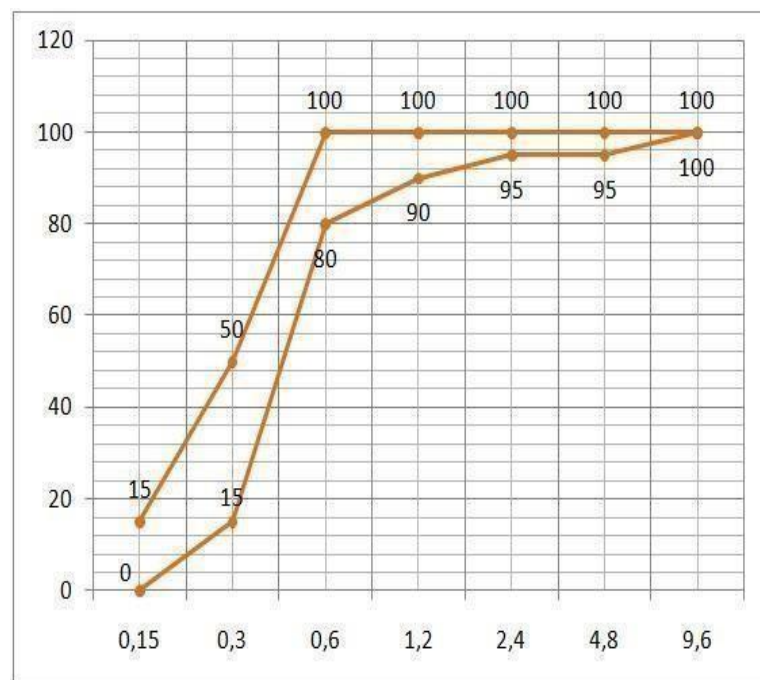
Gambar 2. 1 Grafik Gradasi Pasir Kasar (Gradasi No.1)



Gambar 2. 2 Grafik Gradasi Pasir Sedang (Gradasi No 2)



Gambar 2. 3 Grafik Gradasi Pasir Agak Halus (Gradasi No 3)



Gambar 2. 4 Grafik Gradasi Pasir Halus (Gradasi No.4)

Agregat halus dibedakan menjadi 3 macam menurut Tjokrodimulyo 1992 yaitu:

a. Pasir Sungai

Pasir sungai ini langsung diperoleh dari sungai dan sifat pasir sungai ini memiliki daya lekat yang kurang, berbentuk bulat dikarenakan gesekan dan

berbutir halus.

b. Pasir Galian

Pasir galian adalah pasir yang diperoleh dari galian tanah. Dimana sifat pasir ini bersudut, tajam, berpori, dalam pemakaiannya biasanya pasir ini dibersihkan dahulu dari kotoran tanah

c. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Dimana sifat pasir ini bulat, mengandung garam, dan butirannya halus. Biasanya pasir laut jarang digunakan dalam campuran beton dikarenakan pasir laut mengandung garam dimana kandungan garam tersebut dapat merusak beton.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar dan semua butir tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat ini dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang pecah. Menurut British Standard (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam Tabel.

Tabel 2. 2 Gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan (ayakan)				% Lolos Saringan		
mm	SNI	ASTM	inch	Ukuran Maks 10	Ukuran Maks 20	Ukuran Maks 40
75	76	3 in	3			100 - 100
37.5	58	1 ½ in	1.5		100 - 100	95 - 100
19	19	¾ in	0.75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9.5	9.6	⅜ in	0.375	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4.75	4.8	No. 4	0.187	0 - 10	0 - 10	0 - 5

Dalam campuran beton menurut SNI 8321:2016 agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Butir pada agregat kasar harus bertekstur keras dan tidak berpori, dimana indeks kekerasannya < 5%
- b) Agregat kasar harus tidak mudah hancur atau pecah, bersifat kuat, dan saat diuji dengan larutan natrium sulfat agregat kasar tidak boleh pecah atau hancur lebih dari 12% dan pada saat diuji dengan magnesium sulfat agregat

kasar tidak boleh hancur atau pecah lebih dari 18%.

- c) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, jika kadar lumpurnya lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut dicuci terlebih dahulu.
- d) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat alkali, karena zat alkali bisa merusak beton.
- e) Butiran pada agregat kasar yang Panjang dan pipih tidak boleh lebih dari 20% dari berat agregat kasar seluruhnya.
- f) Modulus kehalusan agregat kasar berkisaran antara 6 – 7.1 dengan variasi butir sesuai dengan standar gradasi.

#### **2.1.4 Air**

Air juga salah satu material pada campuran beton yang sangat penting, dimana air ini diperlukan untuk membuat semen bereaksi menjadi bahan perekat dengan material lainnya pada campuran beton. Air dalam campuran beton harus terhindar dari bahan yang mengandung senyawa yang berbahaya ataupun bahan- bahan kimia lainnya karena dapat menurunkan kualitas beton dan dapat mengubah sifat beton.

Kekuatan beton juga bisa berkurang jika air memiliki kotoran. Pengaruh pada beton awalnya lamanya waktu ikat awal adukan beton dan kekuatan beton setelah mengeras.

Air dalam campuran beton harus memenuhi persyaratan (SNI-03-6861.1-2002) sebagai berikut:

- 1) Tidak mengandung lumpur alkali, minyak, garam, dan benda yang bisa dilihat secara visual.
- 2) Air tidak mengandung boleh garam yang bisa larut yang bisa merusak beton contohnya: zat organik, asam-asam.
- 3) Kandungan klorida pada air < 0,50 gram/liter, senyawa sulfat pada air < 1 gram/liter.
- 4) Jika ada keraguan dalam pemakaian air dalam, sebaiknya air tersebut diujikan ke laboratorium.

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu :

- 1) Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- 2) Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air juga dapat digunakan asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Tabel berikut ini memberikan kriteria kandungan zat kimiawi yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan dalam adukan beton.

### **2.1.5 Bahan Tambahan**

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan-bahan serbuk atau cairan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama proses pencampuran berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton agar menjadi lebih cocok untuk suatu pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang dipakai di lapangan. Karena pada umumnya bahan tambah dimasukkan pada campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis.

### **2.1.6 Abu Batu**

Abu batu pecah adalah material hasil dari pemecahan batu yang memiliki ukuran yang sangat halus dan homogen. Abu batu pecah ini seringkali digunakan sebagai bahan tambahan pada beton, sebagai bahan pembuat kerikil, dan sebagai

bahan pembuat paving block. Menurut studi yang dilakukan oleh Mohamad Hasan et al. (2017), abu batu pecah memiliki sifat yang sangat baik sebagai bahan tambahan pada beton. Abu batu pecah memiliki kekuatan yang tinggi, kemampuan tahan air yang baik, dan memiliki efek positif terhadap kualitas beton. Selain itu, abu batu pecah juga memiliki efek positif terhadap lingkungan. Menurut studi yang dilakukan oleh Mohamad Afendy Abdul Kadir (2016), abu batu pecah memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan paving block. Hal ini akan membantu mengurangi tingkat pencemaran lingkungan akibat pembuatan paving block menggunakan semen. Namun, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan abu batu pecah. Menurut studi yang dilakukan oleh Norzailawati et al. (2015), abu batu pecah memiliki tingkat kelembapan yang tinggi, sehingga perlu dilakukan pengeringan sebelum digunakan sebagai bahan tambahan pada beton.

Penggunaan abu batu dalam campuran beton sebagai bahan bangunandapat menopang kita dalam hal biaya karna abu batu dinilai lebih murah dari segi harga. Pasalnya dengan harga yang terbilang cukup murah dibandingkan dengan harga pasir berkuallitas, kualitas yang dihasilkan dengan penambahan abu batu sebagai agregat halus pada campuran beton cukup bagus dan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pasir. Abu batu bisa dibilang memiliki volume yang banyak dan masih dalam tahap pengembangan untuk mengurangi penggunaan pasir dalam campuran beton.

Kesimpulannya, abu batu pecah memiliki banyak manfaat sebagai bahan tambahan pada beton, kerikil, dan paving block. Namun, perlu dilakukan pengeringan sebelum digunakan dan harus memperhatikan tingkat kelembapannya.

#### **2.1.7 Penelitian Terdahulu**

Abdullah Afif, dkk (2019) menganalisa pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus dan penambahan superlasticizer terhadap karakteristik beton mutu tinggi. Dilakukan percobaan menggunakan abu batu dengan menggunakan benda uji sebanyak 60 sampel (0%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%) dengan menggunakan kuat tekan beton  $f'c$  42 Mpa sebagai pembanding 5 sampel setiap variasi, diketahui

nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yaitu 43,34 Mpa, 45,44 Mpa, 44,48 Mpa, 43,97 Mpa, 40,73 Mpa, 38,46 Mpa. Dapat disimpulkan penambahan abu batu sebesar 20% dapat mengalami peningkatan sehingga untuk campuran 20% dapat menjadi acuan kedepannya.

Didik kurnyawan (2014) menganalisa pengaruh abu batu sebagai pengganti pasir untuk pembuatan beton, dilakukan percobaan menggunakan abu batu dengan menggunakan benda uji sebanyak 10 sampel (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) dengan menggunakan kuat tekan beton  $f'c$  20 Mpa. Diketahui nilai kuat tekan beton berturut – turut 20,67 Mpa, 19,44 Mpa, 18,14 Mpa, 17,03 Mpa, 15,94 Mpa, dan 15,01 Mpa. Dari penelitian yang dilakukan penambahan abu batu lebih dari 20% tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan.

A. Haris HA, dkk (2017), menganalisa pengaruh penggunaan abu batu terhadap kuat tekan beton mutu K-350, dilakukan percobaan menggunakan abu batu dengan menggunakan variasi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan menggunakan kuat tekan beton K-350. Diketahui nilai kuat tekan beton berturut – turut pada umur 14 hari yaitu 480 Kg/cm<sup>2</sup>, 492 Kg/cm<sup>2</sup>, 518 Kg/cm<sup>2</sup>, 482 Kg/cm<sup>2</sup>, 446 Kg/cm<sup>2</sup>, dan 416 Kg/cm<sup>2</sup>. Dapat disimpulkan penambahan abu batu sebesar 40% dapat menjadi acuan kedepannya.

Asrullah, dkk (2020) menganalisa pengaruh penambahan abu batu terhadap kuat tekan beton  $f'c$  20 Mpa dengan menggunakan gradasi split berbeda. Dilakukan percobaan menggunakan abu batu dengan menggunakan variasi 1%, 2, dan 3% dengan menggunakan kuat tekan beton  $f'c$  20 Mpa sebagai pembanding, diketahui nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yaitu 20,40 Mpa, 22,80 Mpa, 23,30 Mpa, dan 24,80 Mpa. Dapat disimpulkan penambahan abu batu sebesar 1%, 2% dan 3% dapat mengalami peningkatan sehingga untuk campuran 1%, 2%, 3% dapat menjadi acuan kedepannya.

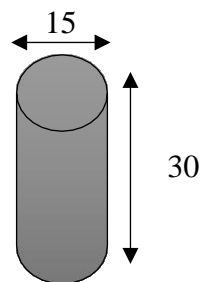
May Syarah (2022) menganalisa pengaruh abu batu sebagai substitusi agregat halus untuk pembuatan paving block. Dilakukan percobaan menggunakan abu batu dengan menggunakan benda uji sebanyak 75 sampel (0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%) dengan menggunakan kuat tekan paving blok K-225 Kg/cm<sup>2</sup>, diketahui nilai

kuat tekan beton pada umur 28 hari yaitu 20,03 Mpa, 20,44 Mpa, 20,98 Mpa, 20,4 Mpa, dan 20,11 Mpa. Dapat disimpulkan penambahan abu batu sebesar 20% dapat mengalami peningkatan sehingga untuk campuran 20% dapat menjadi acuan kedepannya.

Kesimpulan yang didapat penulis bahwa penambahan abu batu sebagai substitusi dari agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan beton, untuk itu penulis melakukan penambahan abu batu sebagai substitusi agregat halus untuk campuran beton dan penulis menambahkan campuran abu batu dengan komposisi 0%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan 25%. Yang membedakan penelitian yang akan penulis lakukan dengan penelitian terdahulu yaitu penulis memakai bahan abu batu berasal dari CV. Berkah Amalia Jaya *Stone Crusher* Kampung Kalawi Kalumbuk.

### 2.1.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas yang dapat menyebabkan benda uji beton dapat hancur jika dibebani dengan gaya tekan, dimana pemeriksaan kuat tekan pada beton pada umur 28 hari yang dilakukan pembebanan sampai benda uji runtuh atau hancur (SNI 1974 – 2011). Dimana kekuatan tekan beton tersebut ditentukan oleh perbandingan dari material beton tersebut yaitu air, semen, agregat halus, agregat kasar, dan zat adiktif jika dibutuhkan. Biasanya untuk pengujian uji tekan beton digunakan benda uji yang berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameternya 15 cm



Gambar 2. 5 Benda Uji Kuat Tekan Beton

Cara menentukan nilai kuat tekan beton yaitu:

$$F'_c = \frac{P}{A}$$



Keterangan:

$F'_c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

A = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

P = Beban tekan (N)

Menurut Tjokrodinuljo 2007 beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

1) Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen (FAS) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen pada campuran beton, semakin tinggi nilai FAS akan mengakibatkan turunnya mutu kekuatan beton tetapi jika FAS nya semakin rendah tidak selalu berarti jika kekuatan mutu beton semakintinggi, jika FAS semakin rendah maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan, umumnya nilai FAS dalam beton 0,40 sampai 0,65

Dimana fungsi FAS yaitu:

- a) Untuk membuat reaksi kimia yang akan menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b) Untuk memberikan kemudahan dalam pengerjaan pembuatan beton.

2) Penggunaan semen

Semen merupakan faktor terpenting dalam kuat tekan beton, dan kebutuhan semen harus diperhitungkan jika memakai semen yang terlalu banyak akan mengakibatkan penyusutan (*shrinkage*) yang akan membuat beton tersebut retak-retak.

3) Karakteristik agregat

Karakteristik agregat juga menentukan mutu beton contohnya seperti bentuk agregat, gradasi agregat, ketahanan terhadap benturan atau gesekan, dan kandungan agregat tersebut, sebelum menggunakan agregat dalam campuran beton agregat tersebut harus diuji terlebih dahulu.

4) Kualitas air

Kualitas air pada kuat tekan beton juga sangat mempengaruhi, dimana pada kandungan air pada campuran beton tidak boleh ada campuran asam,

minyak, lumpur. Yang akan mengakibatkan efek buruk pada kekuatan beton dan akan mengurangi umur beton.

#### 5) Perawatan beton

Perawatan beton ini bertujuan untuk mempertahankan kadar air yang ada didalam beton karena jika beton tidak dirawat juga akan mempengaruhi pada kuat tekan beton. Jika beton di tempat yang cuaca yang panas akan mengakibatkan penguapan yang cepat dan akan membuat beton retak. Umumnya perawatan beton berlangsung 7 hari.

## **2.2 Pemeriksaan Material Penyusun Beton**

Pengujian pada penelitian ini penulis menggunakan metode dari Standar Nasional Indonesia (SNI).

### **2.2.1 Pengujian Abu batu**

1. Menurut SNI 02-6820-2002 Agregat halus merupakan agregat dengan besar butiran maksimum 4,75mm. Dimana agregat halus mempunyai ukuran berkisaran antara 0,15 mm sampai 4,75 mm, dimana abu batu ini dihaluskan dengan ukuran gradasi berkisar 0,15 mm sampai 4,75 mm sesuai dengan SNI 02-6820-2002, dengan cara diayak untuk mendapatkan ukuran seperti agregat halus.
2. Abu batu yang digunakan dalam campuran beton ini adalah abu batu yang lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.100.

### **2.2.2 Analisa Ayakan Abu batu**

Pengujian Analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C136:2012 yaitu untuk menentukan gradasi abu batu dan untuk mengetahui kehalusan abu batu dalam campuran beton supaya memudahkan dalam proses pengerjaannya.

Gambar 3. 2 Hasil Analisa Saringan Abu batu

S aringan (mm)	Berat Tertinggal		Kom.Br.t.Tertingga l		% Brt Teringgal		% Lolos	
	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus
38.10		0		0		0		100
19.00		0		0		0		100
9.80		2.3		2.3		0.15		100
4.80		6.4		8.7		0.58		99
2.40		134.3		143		9.5		90.5
1.20		111.7		254.67		17.0		83.0
0.60		365.7		620.37		41.4		58.6
0.30		670.5		1290.87		86.2		13.8
0.15		144.4		1435.27		95.8		4.2
Pan		62.73		1498		100		0
Jumlah		1498				250.68		

### 2.2.3 Pengujian Kadar air dan Kadar Lumpur Abu batu

Menurut SK SNI S-04-1989 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) kadar lumpur pada abu batu tidak boleh lebih dari 5%, jika kadar lumpur abu batu lebih dari 5% akan menurunkan nilai kuat tekan yang telah direncanakan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kadar lumpur pada abu batu.

Rumus :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W2 - W3}{W2} \times 100 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

W1 : Berat Agregat lapangan (gr)

W2 : Berat Agregat kering oven (gr)

W3 : Berat Agregat kering oven cuci (gr)

### 2.2.4 Pengujian Kadar Organik Pada Abu batu

Pengujian kadar organik ini berdasarkan SNI 2816-2014. Yang bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan organik pada abu batu dan untuk mengetahui agregat tersebut bebas dari kandungan organik. Untuk mengetahui abu batu tersebut bersih atau tidak nya dari kandungan organik maka dipakai larutan

*Natrium Hidroksida(NaOH)* karena pada larutan ini dapat memisahkan agregat dengan kandungan organik yang ada di dalam abu batu tersebut.

### 2.2.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pada Abu batu

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini berdasarkan SNI 1969-2008, dimana tujuan penelitian ini untuk mengetahui berat jenis abu batu dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) dan untuk mengetahui penyerapan pada abu batu. pada campuran beton berat jenis dan penyerapan sangat sangat mempengaruhi. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari berat jenis dan penyerapan pada abu batu :

Rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{w_1}{w_1 - (w_3 - w_4)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{w_1}{w_2 - (w_3 - w_4)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

W1 = Berat abu batu SSD (gr)

W2 = Berat agregat kering oven (gr)

W3 = Berat gelas ukur + agregat + air (gr)

W4 = Berat gelas ukur (gr)

### 2.2.6 Pengujian Bobot Isi Pada Abu Batu

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan bobot isi abu batu dan keadaan padat dan pada keadaan gembur.

Rumus :

$$\text{Berat isi gembur I} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Berat isi padat I} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Berat isi gembur II} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Berat isi padat II} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

W1 = Berat takaran (gr)

W2 = Berat takaran + abu batu tanpa dipadatkan(gr)

W3 = Berat takaran + abu batu dipadatkan (gr)

### 2.2.7 Analisa Ayakan Agregat Halus

Pengujian Analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C136:2012 yaitu untuk menentukan gradasi agregat halus dan untuk mengetahui kehalusan agregat halus dalam campuran beton supaya memudahkan dalam proses pengerjaannya.

Rumus :

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{berat tertinggal agregat halus}}{\text{berat total agregat halus}} \times 100 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \text{tertahan agregat halus} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\begin{aligned} \text{FM} &= \frac{\sum \% \text{ komulatif tertahan ayakan No.100}}{100} \dots\dots\dots (2.12) \\ &= \frac{245.02}{100} \\ &= 2.4502 = 2.4 \end{aligned}$$

**Tabel 3. 1 Hasil Analisa Saringan**

Saringan (mm)	Berat Tertinggal		Kom.Br.Tertinggal		% Brt Teringgal		% Lolos	
	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus
38.10	10	0	10	0	0.50015	0	100	100
19.00	814.2	0	824.2	0	41.2	0	99.4998	100
9.80	1031	3.1	1855.2	3.1	92.8	0.21	59	100
4.80	144.2	4	1999.4	7.1	100	0.48	7.2	100
2.40	0	122.2	1999.4	129.3	100	8.7	0	91.3
1.20	0	199.2	1999.4	328.5	100	22.0	0	78.0
0.60	0	305.3	1999.4	633.8	100	42.4	0	57.6
0.30	0	502.2	1999.4	1136	100	76.1	0	23.9
0.15	0	285.4	1999.4	1421.4	100	95.2	0	4.8
Pan	0	72	1999.4	1493.4	100	100	0	0
Jumlah	1999.4	1493.4			734.51	245.02		

Keterangan:

FM = Fineness Modulus (modulus kehalusan)

Derajat kehalusan ditentukan oleh modulus kehalusan dengan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pasir halus :  $2,20 < FM \leq 2,60$
2. Pasir sedang :  $2,60 < FM \leq 2,90$
3. Pasir kasar :  $2,90 < FM \leq 3,20$

### 2.2.8 Pengujian Kadar Air dan Lumpur Agregat Halus

Menurut SK SNI S-04-1989 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) kadar lumpur pada agregat halus tidak boleh lebih dari 5%, jika kadar lumpur agregat halus lebih dari 5% akan menurunkan nilai kuat tekan yang telah direncanakan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat halus.

Rumus :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

W1 : berat agregat lapangna (gr)

W2 : berat agregat kering oven (gr)

W3 : berat agregat kering oven cuci (gr)

### 2.2.9 Pengujian Kadar Organik Pada Agregat Halus

Pengujian kadar organik ini berdasarkan SNI 2816-2014. Yang bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan organik pada agregat halus dan untuk mengetahui agregat tersebut bebas dari kandungan organik. Untuk mengetahui agregat tersebut bersih atau tidak nya dari kandungan organik maka dipakai larutan *NatriumHidroksida (NaOH)* karena pada larutan ini dapat memisahkan agregat dengan kandungan organik yang ada di dalam agregat tersebut.

### 2.2.10 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini berdasarkan SNI 1969-2008, dimana tujuan penelitian ini untuk mengetahui berat jenis agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) dan untuk mengetahui penyerapan pada agregat halus. pada campuran beton berat jenis dan penyerapan sangat sangat mempengaruhi.

Rumus :

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{W1}{W1 - (W3 - W4)} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{W2 - (W3 - W4)}{W1} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan ;

W1 : berat agregat SSD (gr)

W2 : berat agregat kering oven(gr)

W3 : berat gelas ukur + agregat + air (gr)

W4 : berat gelas ukur (gr)

### 2.2.11 Pengujian Bobot Isi Agregat Halus

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan bobot isi agregat halus ,keadaan padat dan pada keadaan gembur.

Rumus :

$$\text{Berat isi gembur I} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\text{Berat isi padat I} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{Berat isi gembur II} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\text{Berat isi padat II} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

W1 = Berat takaran (gr)

W2 = Berat takaran + abu batu tanpa dipadatkan(gr)

W3 = Berat takaran + abu batu dipadatkan (gr)

### 2.2.12 Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Agregat Kasar

Menurut SK SNI S-04-1989 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) kadar lumpur pada agregat kasar tidak boleh lebih dari 1%, jika kadar lumpur agregat kasar lebih dari 5% akan menurunkan nilai kuat tekan yang telah direncanakan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat halus.

Rumus ;

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100 \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(2.23)$$



Keterangan :

W1 : berat agregat lapangna (gr)

W2 : berat agregat kering oven (gr)

W3 : berat agregat kering oven cuci (gr)

### 2.2.13 Pengujian berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini berdasarakan SNI 1969-2008, dimana tujuan penelitian ini untuk mengetahui berat jenis agregat kasar dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) dan untuk mengetahui penyerapan pada agregat kasar. pada campuran beton berat jenis dan penyerapan sangat sangat mempengaruhi.

Rumus :

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{W1}{W1 - (W3 - W4)} \quad (2.24)$$

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{W2 - (W3 - W4)}{W1} \quad (2.25)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \quad (2.26)$$

Keterangan ;

W1 : berat agregat SSD (gr)

W2 : berat agregat kering oven(gr)

W3 : berat gelas ukur + agregat + air (gr)

W4 : berat gelas ukur (gr)

### 2.2.14 Pengujian Bobot Isi Agregat Kasar

Pada pengujian ini bertujuan untuk menentukan bobot isi agregat kasar dan keadaan padat dan pada keadaan gembur.

Rumus :

$$\text{Berat isi gembur I} = \frac{w2 - w1}{\text{volume}} \quad (2.27)$$

$$\text{Berat isi padat I} = \frac{w3 - w1}{\text{volume}} \quad (2.28)$$

$$\text{Berat isi gembur II} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\text{Berat isi padat II} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Keterangan :

W1 = Berat takaran (gr)

W2 = Berat takaran + abu batu tanpa dipadatkan (gr)

W3 = Berat takaran + abu batu dipadatkan (gr)

### 2.2.15 Pengujian Analisa Saringan Agregat kasar

Pengujian Analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C136:2012 yaitu untuk menentukan gradasi agregat kasar dan untuk mengetahui kehalusan agregat kasar dalam campuran beton supaya memudahkan dalam proses pengerjaannya.

Rumus :

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{berat tertinggal agregat alus}}{\text{berat total agregat alus}} \times 100 \dots\dots (2.31)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \text{tertahan agregat halus} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\text{FM} = \frac{\sum \% \text{ komulatif } f \text{ terta an ayakan No.100}}{100} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$= \frac{711.75}{100}$$

$$= 7.1175 = 7.1$$

**Tabel 3. 2 Analisa Saringan**

Saringan (mm)	Berat Tertinggal		Kom.Brt.Tertinggal		% Brt Tertinggal		% Lolos	
	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus
38.10	10	0	10	0	0.50015	0	100	100
19.00	814.2	0	824.2	0	41.2	0	99.4998	100
9.80	1031	3.1	1855.2	3.1	92.8	0.21	59	100
4.80	144.2	4	1999.4	7.1	100	0.48	7.2	100
2.40	0	122.2	1999.4	129.3	100	8.7	0	91.3
1.20	0	199.2	1999.4	328.5	100	22.0	0	78.0
0.60	0	305.3	1999.4	633.8	100	42.4	0	57.6
0.30	0	502.2	1999.4	1136	100	76.1	0	23.9
0.15	0	285.4	1999.4	1421.4	100	95.2	0	4.8
Pan	0	72	1999.4	1493.4	100	100	0	0
Jumlah	1999.4	1493.4			734.51	245.02		

**2.2.16 Pengujian Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan dengan melakukan pengamatan melalui pengukuran pergerakan jarum yang bergerak naik setelah beban pada mesin diberikan pada benda uji tersebut. Semakin besar kekuatan beton yang dicapai maka akan semakin tinggi mutu beton yang akan dihasilkan. Dalam penelitian kali ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan di laboratorium Universitas Bung Hatta

Adapun perhitungan untuk kuat tekan beton adalah sebagai berikut: Luas penampang silinder:

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2 = 0,25 \times 3,14 \times 15^2 = 176,625 \text{ cm}^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tekan beton (f'c)} = \frac{\left(\frac{P}{A}\right)}{\text{Koef Estimasi}} \dots\dots\dots(2.34)$$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metode penelitian adalah Langkah-Langkah yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi dan data. Dimana peneliti mengikuti pedoman dari SNI 7656:2012 “Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa” Metode penelitian ini memberikan gambaran untuk penelitian yang meliputi: prosedur pelaksanaan, waktu penelitian, sumber data, dan langkah – langkah. Kemudian diolah dan dianalisis. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen.

#### **3.2 Bagan Alir Penelitian**

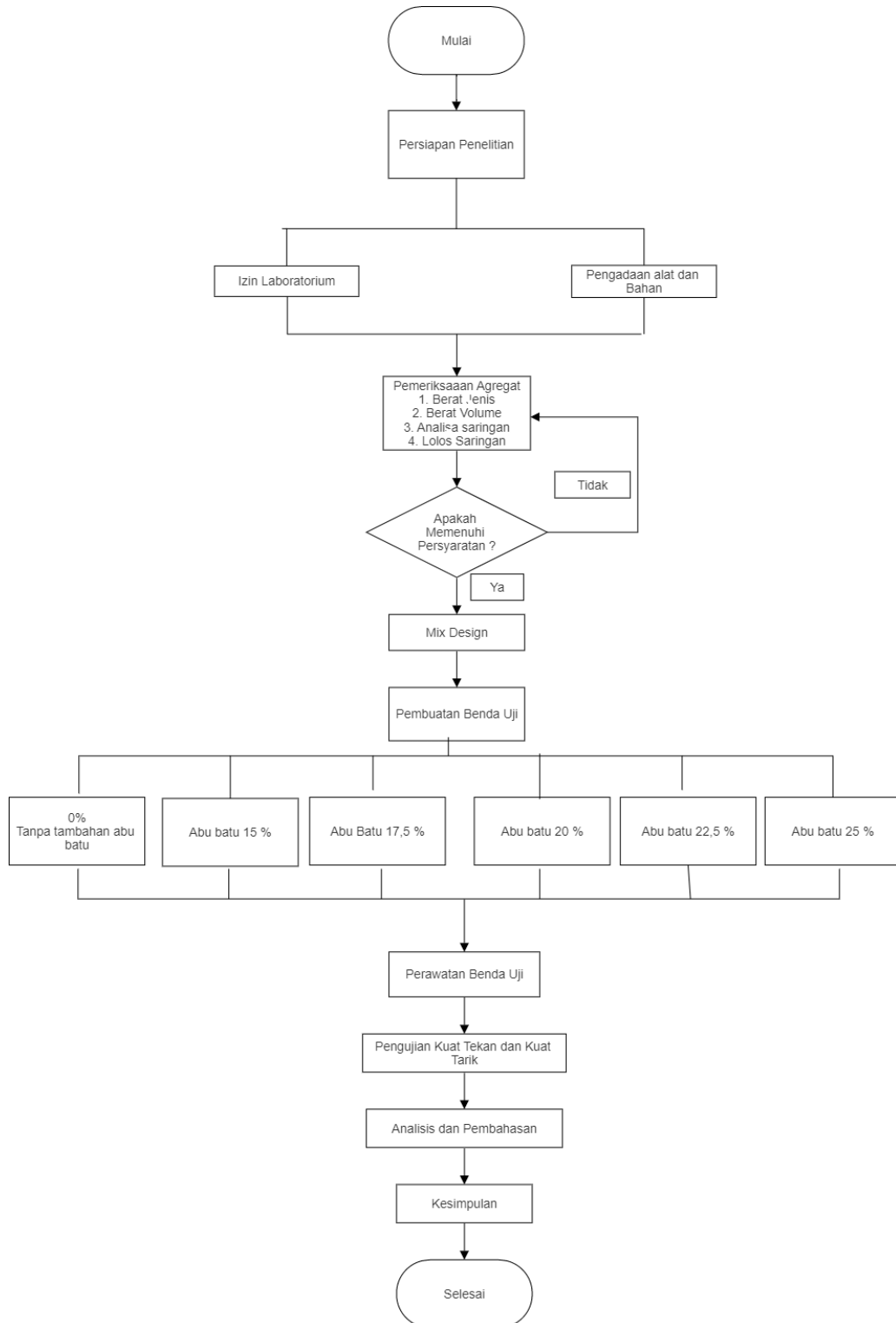
- a. Agregat halus memakai pasir dan abu batu sebagai substitusi pasir
- b. Agregat kasar memakai batu pecah
- c. Pembuatan benda uji dibuat 6 variasi
- d. Perawatan beton direndam selama 28 hari
- e. Pengujian yang dilakukan adalah uji tekan beton

Metodelogi pelaksanaan yang dibuat penulis dalam pengerjaan tugasakhir dilakukan secara bertahap:

- 1) Pengadaan barang dan peralatan
- 2) Pemeriksaan sifat fisik agregat
- 3) Pembuatan dan perawatan benda uji
- 4) Pengujian kuat tekan benda uji
- 5) Analisis data hasil pengujian

### 3.3 Flowchart

Pada penelitian tugas akhir ini penulis memakai *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 1 *Diagram Penelitian*

Metodelogi pelaksanaan yang dibuat penulis dalam pengerjaan tugas akhir dilakukan secara bertahap:

- a. Pengadaan barang dan peralatan
- b. Pemeriksaan sifat fisik agregat
- c. Pembuatan dan perawatan benda uji
- d. Pengujian kuat tekan benda uji
- e. Analisa data hasil pengujian

### **3.4 Lokasi Penelitian**

Pada penelitian ini penulis akan melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Beton Teknik Sipil Bung Hatta di Jln Sumatera, Ulak Karang, Kecamatan Padang utara, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

### **3.5 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian penulis untuk penelitian ini dilaksanakan selama waktu yang dibutuhkan.

### **3.6 Jenis Data Penelitian**

a. Data Sekunder:

- 1) Bahan abu batu berasal dari Kampung Kalawi Kalumbuk, Padang, Sumatera Barat.
- 2) Bahan agregat halus berasal dari produksi pasir sungai batangkurao di daerah tunggul hitam kota padang Bahan agregat kasar berasal dari CV. Berkah Amalia Jaya *Stone Crusher* Kampung Kalawi Kalumbuk.
- 3) Bahan semen yang akan dipakai semen PCC Semen Padang.
- 4) Campuran beton menggunakan tambahan abu batu sebagai substitusi agregat halus dengan menambahkan 6 variasi yaitu: 0%, 15%, 17,5% 20%, 22,5% dan 25%.

b. Data Primer:

Menggunakan *mix design* memakai panduan SNI 7656:2012 “Tata carapemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa”

- 1) Data uji kuat tekan beton.
- 2) Analisa hasil data penelitian.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

### 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

#### 4.1.1 Hasil pengujian kadar lumpur dan kadar air pada agregat halus

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Agregat Halus

Berat Agregat Lapangan W1 (gr)	Berat Agregat Kering Oven W2 (gr)	Berat Agregat Kering Oven Cuci W3 (gr)
500	464.5	449.6

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{W2 - W3}{W2} \times 100 \\ &= \frac{464.5 - 449.6}{464.5} \times 100 \\ &= 3.21 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{W1 - W2}{W1} \times 100 \\ &= \frac{500 - 464.5}{500} \times 100 \\ &= 7.10\% \end{aligned}$$

Hasil pengujian tersebut diperoleh kadar lumpur untuk agregat halus yaitu sebesar 3.21%. artinya bahwa agregat halus yang digunakan untuk campuran beton tersebut memenuhi persyaratan untuk campuran beton, karena persyaratan kadar lumpur untuk agregat halus tidak boleh lebih dari 5% berdasarkan SNI 8321:2016.

Dimana kadar lumpur tersebut perbandingan antara berat lumpur yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat semula. Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam agregat tersebut. Dari hasil pengujian kadar air agregat halus yaitu sebesar 7.10%.



#### 4.1.1 Hasil pengujian kadar lumpur dan kadar air pada agregat kasar

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Agregat Kasar

Berat Agregat Lapangan W1 (gr)	Berat Agregat Kering Oven W2 (gr)	Berat Agregat Kering Oven Cuci W3 (gr)
500	494.2	492.6

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur} &= \frac{W2-W3}{W2} \times 100 \\ &= \frac{494.2 - 492.6}{494.2} \times 100 \\ &= 0.32 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100 \\ &= \frac{500 - 494.6}{500} \times 100 \\ &= 1.16\%\end{aligned}$$

Pembahasan:

Hasil pengujian tersebut diperoleh kadar lumpur untuk agregat kasar yaitu sebesar 0.32%. artinya bahwa agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton tersebut memenuhi persyaratan untuk campuran beton, karena persyaratan kadar lumpur untuk agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berdasarkan SNI 8321:2016.

Dimana kadar lumpur tersebut perbandingan antara berat lumpur yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat semula. Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam agregat tersebut. Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar yaitu sebesar 1.16%.

#### 4.1.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berat Agregat SSD W1 (gr)	Berat Agregat Kering Oven W2 (gr)	Berat Gelas Ukur + Agregat + Air W3 (gr)	Berat Gelas Ukur
500	482	1187.3	895

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis SSD} &= \frac{W1}{W1-(W3-W4)} \\ &= \frac{500}{500-(1187.3-895)} \\ &= 2.41 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kering} &= \frac{W1}{W2-(W3-W4)} \\ &= \frac{500}{482-(1187.3-895)} \\ &= 2.64 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \\ &= \frac{500-482}{500} \times 100 \\ &= 3.60 \% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian berat jenis ssd agregat halus yaitu 2.41. artinya agregat halus yang telah diuji termasuk kedalam agregat normal dimana berat jenis agregat normal 2,4 – 2,7. Sehingga dapat dipakai untuk pembuatan beton normal dengan kuat tekan 20 Mpa. Dan hasil pengujian penyerapan agregat halus adalah 3.60% dimana agregat tersebut mengandung air sebanyak 3.60% dari berat kering agregat tersebut. Semakin besar berat jenis agregat tersebut maka akan semakin besar berat volume dari campuran beton, hubungan antara berat jenis dengan daya serap yaitu jika berat jenis agregat tinggi maka akan semakin kecil daya serap agregat tersebut.

#### 4.1.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat Agregat SSD W1 (gr)	Berat Agregat Kering Oven W2 (gr)	Berat Gelas Ukur + Agregat + Air W3 (gr)	Berat Gelas Ukur
500	489.1	1207.7	895

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis SSD} &= \frac{W1}{W1-(W3-W4)} \\ &= \frac{500}{500-(1207-895)} \\ &= 2.67 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kering} &= \frac{W1}{W2-(W3-W4)} \\ &= \frac{500}{489.1-(1207.7-895)} \\ &= 2.83 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \\ &= \frac{500-489.1}{500} \times 100 \\ &= 2.18\% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian berat jenis ssd agregat halus yaitu 2.67. artinya agregat halus yang telah diuji termasuk kedalam agregat normal dimana berat jenis agregat normal 2,4 – 2,7. Sehingga dapat dipakai untuk pembuatan beton normal dengan kuat tekan 20 Mpa. Dan hasil pengujian penyerapan agregat halus adalah 2.18% dimana agregat tersebut mengandung air sebanyak 2.18% dari berat kering agregat tersebut. Semakin besar berat jenis agregat tersebut maka akan semakin besar berat volume dari campuran beton, hubungan antara berat jenis dengan daya serap yaitu jika berat jenis agregat tinggi maka akan semakin kecil daya serap agregat tersebut.

#### 4.1.4 Hasil pengujian bobot isi pada agregat halus

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Bobot Isi pada Agregat Halus

Benda Uji	Volume	Berat Takaran W1 (gr)	Berat Takaran + Agregat Tanpa di Padatkan W2(gr)	Berat Takaran + Agregat di Padatkan W3(gr)
I	2.75	2997	6405.8	6678.6
II	6.5	4954.7	13285.3	1359.1

$$\begin{aligned} \text{Berat isi gembur I} &= \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \\ &= \frac{6405.8 - 2997}{2.75} \\ &= 1239.56 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi padat I} &= \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \\ &= \frac{6678.6 - 2997}{2.75} \\ &= 1338.76 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi gembur II} &= \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \\ &= \frac{6405.8 - 4964.7}{6.5} \\ &= 1281.63 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi padat II} &= \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \\ &= \frac{1359.1 - 4954.7}{6.5} \\ &= 1385.29 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4.1.5 Hasil pengujian bobot isi pada agregat kasar

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Bobot isi Agregat Kasar

Benda Uji	Volume	Berat Takaran W1 (gr)	Berat Takaran + Agregat Tanpa di Padatkan W2(gr)	Berat Takaran + Agregat di Padatkan W3(gr)
I	2.75	2997	6667.5	6934
II	6.5	4954.7	14425.4	14516.1

$$\begin{aligned} \text{Berat isi gembur I} &= \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \\ &= \frac{6667.5 - 2997}{2.75} \\ &= 1334.73 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi padat I} &= \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \\
 &= \frac{6932 - 2997}{2.75} \\
 &= 1338.76 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi gembur II} &= \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}} \\
 &= \frac{14425.4 - 4964.7}{6.5} \\
 &= 1457.03 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat isi padat II} &= \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \\
 &= \frac{14516.1 - 4954.7}{6.5} \\
 &= 1470.98 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

#### **4.1.6 Hasil Pengujian Kadar Organik Agregat Halus**

Setelah dilakukan pengujian kadar organik terhadap agregat halus yang berasal dari tunggul hitam, Sumatera Barat, bahwa agregat halus tersebut dilakukan pengujian dicampurkan dengan larutan NaOH bahwa hasil tersebut lebih jernih dan lebih bersih dari zat perbandingan maka dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada agregat halus tersebut sedikit dan agregat halus tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

#### **4.1.7 Hasil Pengujian Kadar Organik Agregat Kasar**

Setelah dilakukan pengujian kadar organik terhadap agregat kasar yang berasal dari stone crusher CV. Berkah Amalia Jaya, Kampung Kalawi – Kalumbuk, Sumatera Barat, bahwa agregat kasar tersebut dilakukan pengujian dicampurkan dengan larutan NaOH bahwa hasil tersebut lebih jernih dan lebih bersih dari zat perbandingan maka dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada agregat kasar tersebut sedikit dan dapat digunakan dalam campuran beton.

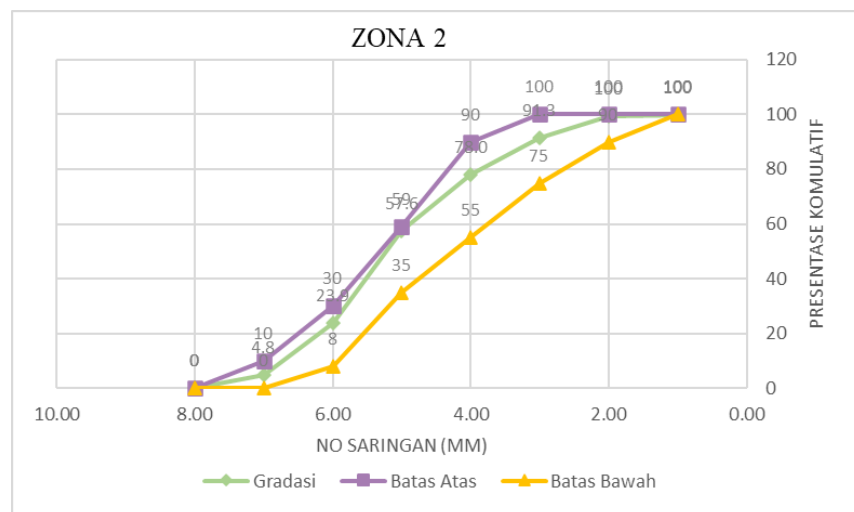
#### 4.1.8 Hasil Pengujian Kadar Organik Agregat Kasar

Setelah dilakukan pengujian kadar organik terhadap agregat kasar yang berasal dari stone crusher CV. Berkah Amalia Jaya, Kampung Kalawi – Kalumbuk, Sumatera Barat, bahwa agregat kasar tersebut dilakukan pengujian dicampurkan dengan larutan NaOH bahwa hasil tersebut lebih jernih dan lebih bersih dari zat perbandingan maka dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada agregat kasar tersebut sedikit dan dapat digunakan dalam campuran beton.

#### 4.1.9 Analisa Ayakan agregat halus dan kasar

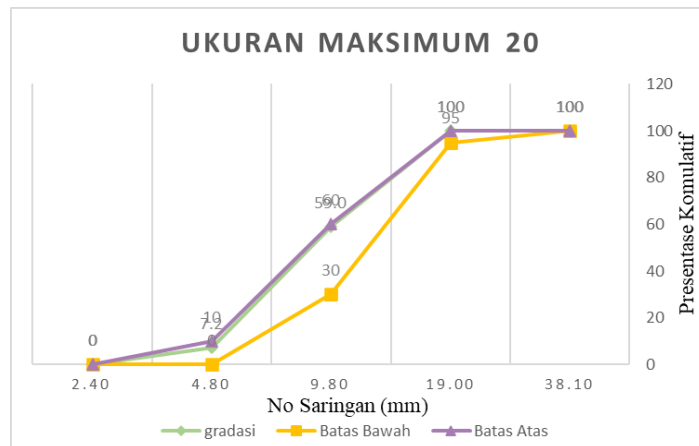
Tabel 4. 7 Hasil Analisa Saringan

Saringan (mm)	Berat Tertinggal		Kom.Brt.Tertinggal		% Brt Tertinggal		% Lolos	
	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus
38.10	10	0	10	0	0.50015	0	100	100
19.00	814.2	0	824.2	0	41.2	0	99.4998	100
9.80	1031	3.1	1855.2	3.1	92.8	0.21	59	100
4.80	144.2	4	1999.4	7.1	100	0.48	7.2	100
2.40	0	122.2	1999.4	129.3	100	8.7	0	91.3
1.20	0	199.2	1999.4	328.5	100	22.0	0	78.0
0.60	0	305.3	1999.4	633.8	100	42.4	0	57.6
0.30	0	502.2	1999.4	1136	100	76.1	0	23.9
0.15	0	285.4	1999.4	1421.4	100	95.2	0	4.8
Pan	0	72	1999.4	1493.4	100	100	0	0
Jumlah	1999.4	1493.4			734.51	245.02		



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Dari data analisa saringan yang telah di uji di laboratorium, maka pasir yang digunakan dapat dikelompokkan ke dalam daerah zona 2 yaitu pasir sedang sesuai dengan SNI 7656 : 2012, dan pasir tersebut dapat digunakan pada rancangan campuranbeton



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari data analisa saringan yang telah di uji di laboratorium, maka kerikil yang digunakan dapat dikelompokkan ke dalam ukuran maksimum 20 mm sesuai dengan SNI 7656 : 2012, dan pasir tersebut dapat digunakan pada rancangan campuran beton.

## 4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Abu batu

### 4.2.1 Hasil pengujian kadar lumpur dan kadar air pada abu batu

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Abu batu

Berat agregat lapangan W1 (gram)	Berat agregat kering oven W2 (gram)	Berat agregat kering oven cuci W3 (gram)
500	489	469.3

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur} &= \frac{W2 - W3}{W2} \times 100 \\
 &= \frac{489 - 469.3}{489} \times 100 \\
 &= 4.03 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \\
 &= \frac{500 - 489}{500} \times 100 \\
 &= 2.2\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh kadar lumpur untuk abu batu yaitu sebesar 4.03%. artinya bahwa abu batu yang digunakan untuk campuran beton tersebut memenuhi persyaratan untuk campuran beton, karena persyaratan kadar lumpur untuk agregat halus tidak boleh lebih dari 5% berdasarkan SNI 8321:2016. Dimana kadar lumpur tersebut perbandingan antara berat lumpur yang terkandung dalam abu batu dengan berat agregat semula. Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam abu batu tersebut. Dari hasil pengujian kadar air agregat halus yaitu sebesar 2.2%.

#### 4.2.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada abu batu

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu batu

Berat agregat SSD W1 (gram)	Berat agregat kering oven W2 (gram)	Berat gelas ukur + agregat + air W3 (gram)	Berat Gelas ukur W4 (gram)
300	222.7	1028.7	894.1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis SSD} &= \frac{W_1}{W_1 - (W_3 - W_4)} \\
 &= \frac{300}{300 - (1028.7 - 894.1)} \\
 &= 1.8 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis kering} &= \frac{W_1}{W_2 - (W_3 - W_4)} \\
 &= \frac{300}{222.7 - (1028.7 - 894.1)} \\
 &= 3.4 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$



$$= \frac{300-494.1}{300} \times 100$$

$$= 25.7\%$$

Hasil pengujian berat jenis ssd agregat halus yaitu 1.8. artinya abu batu yang telah diujii termasuk kedalam abu batu normal dimana berat jenis abu batu 1,4 – 1,8. Sehingga dapat dipakai untuk pembuatan beton normal dengan kuat tekan 20Mpa. Dan hasil pengujian penyerapan abu batu adalah 25.7% dimana abu batu tersebut mengandung air sebanyak 25,7% dari berat kering abu batu tersebut.

#### 4.2.3 Hasil pengujian bobot isi pada abu batu

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Bobot Isi Abu batu

Benda Uji	Volume	Berat Takaran W1 (gram)	Brtn Tkrn + Ag tnp dipadatkan W2 (gram)	Brtn tkrn + ag dipadatkan W3 (gram)
I	2.75	2997	4873.6	5061.4
II	6.5	4954.7	9365	9630.3

$$\text{Berat isi gembur I} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}}$$

$$= \frac{4873.6 - 2997}{2.75}$$

$$= 682.4 \text{ gram}$$

$$\text{Berat isi padat I} = \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}}$$

$$= \frac{5061.4 - 2997}{2.75}$$

$$= 750.6 \text{ gram}$$

$$\text{Berat isi gembur II} = \frac{w_2 - w_1}{\text{volume}}$$

$$= \frac{9630.3 - 4964.7}{6.5}$$

$$= 678.5 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat isi padat II} &= \frac{w_3 - w_1}{\text{volume}} \\
&= \frac{9630.3 - 4954.7}{6.5} \\
&= 719.3 \text{ gram}
\end{aligned}$$

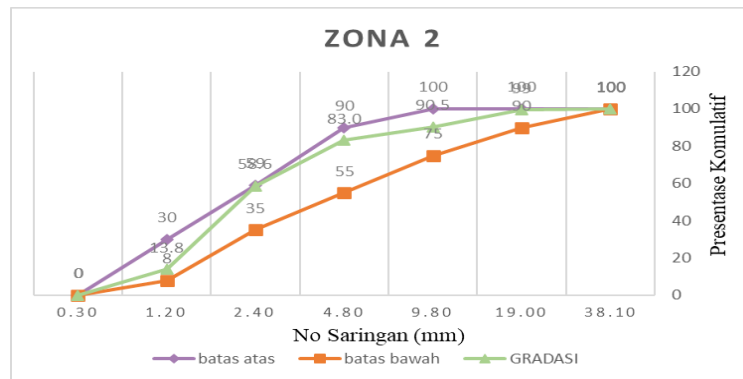
#### 4.2.4 Hasil pengujian kadar organik abu batu

Setelah dilakukan pengujian kadar organik terhadap agregat halus yang berasal dari tunggul hitam, Sumatera Barat, bahwa agregat halus tersebut dilakukan pengujian dicampurkan dengan larutan NaOH bahwa hasil tersebut lebih jernih dan lebih bersih dari zat perbandingan maka dapat disimpulkan bahwa kadar organik pada agregat halus tersebut sedikit dan agregat halus tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

#### 4.2.5 Analisa ayakan abu batu

Tabel 4. 11 Hasil Analisa Saringan Abu batu

Saringan (mm)	Berat Tertinggal		Kom.Br.Tertinggal		% Brt Tertinggal		% Lolos	
	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus
38.10		0		0		0		100
19.00		0		0		0		100
9.80		2.3		2.3		0.15		100
4.80		6.4		8.7		0.58		99
2.40		134.3		143		9.5		90.5
1.20		111.7		254.67		17.0		83.0
0.60		365.7		620.37		41.4		58.6
0.30		670.5		1290.87		86.2		13.8
0.15		144.4		1435.27		95.8		4.2
Pan		62.73		1498		100		0



Gambar 4. 3 Grafik Analisa Saringan Abu batu

Dari data Analisa saringan yang telah di uji di laboratorium, maka abu batu yang digunakan sebagai substitusi pasir dapat dikelompokkan ke dalam daerah zona 2 yaitu pasir sedang sesuai dengan SNI 7656: 2012, dan pasir tersebut dapat digunakan pada rancangan campuran beton.

#### 4.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan dari beberapa hasil pengujian material dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
1	Kadar lumpur agregat halus	3.21%	Maksimum 5%	Memenuhi
2	Kadar air agregat halus	7.10%	-	-
3	Berat jenis agregat halus	2.41	2.4-2.9	Memenuhi
4	Kadar organik agregat halus	Larutan NAOH 3% berwarna kuning muda pucat	Kuning muda sampai hitam	Memenuhi
5	Bobot isi agregat halus	1.311 kg	0.3 - 1.8 kg	Memenuhi
6	Kadar lumpur agregat kasar	0.32%	Maksimum 1%	Memenuhi
7	Kadar air agregat kasar	1.16%	-	-
8	Berat jenis agregat kasar	2.67	2.4-2.9	Memenuhi
9	Bobot isi agregat kasar	1.423 kg	0.3 - 1.8 kg	Memenuhi
10	Kadar lumpur abu batu	4.03%	Maksimum 5%	Memenuhi
11	Kadar air abu batu	2.20%	-	-
12	Berat jenis abu batu	1.8	1.4-1.8	Memenuhi
13	Kadar organik abu batu	Larutan NAOH 3% berwarna Kuning pucat	Kuning muda sampai hitam	Memenuhi
14	Bobot isi abu batu	0.707	0.3 - 1.8 kg	Memenuhi

#### 4.4 Perhitungan Job Mix Formula

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode SNI 7656:2012 “Tata carapemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa”

Adapun langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mutu Beton = 20 Mpa
- b. Slump = 150 - 175 mm
- c. Ukuran agregat maksimum = 19 mm
- d. Berat kering oven agregat kasar = 1423.59 kg/m<sup>3</sup>
- e. Berat jenis semen = 3.05
- f. Modulus kehalusan agregat halus = 2.4
- g. Berat jenis (SSD) agregat halus = 2.41
- h. Berat jenis (SSD) agregat kasar = 2.67
- i. Penyerapan air agregat halus = 3.60%
- j. Penyerapan air agregat kasar = 2.18%

Langkah Perhitungan :

#### 4.3.1 Banyaknya air pencampuran

Tabel 4. 13 Banyak Air Pencampuran Untuk Campuran Beton Air (kg/m<sup>3</sup>) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah

Slump (mm)	9.5 mm	12.7 mm	19 mm	25 mm	37.5 Mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-

Banyak nya udara dalam beton (%)

3      2.5      2      1.5      1      0.5      0.3      0.2

Beton dengan tambahan udara

25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut: ringan (%)								
sedang (%)	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
berat (%)	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Berdasarkan data diatas banyak nya air adalah 216 kg/m<sup>3</sup>

### 4.3.2 Rasio air semen

Tabel 4. 14 Rasio Air Semen

Kekuatan beton umur 28 hari, Mpa	Rasio air - semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6
15	0.79	0.7

Rasio air semen diambil 0.69

### 4.3.3 Banyaknya air kadar semen

$$= \frac{216}{0.69}$$

$$= 313.04 \text{ kg}$$

#### a. Volume agregat kasar persatuan volume beton

Tabel 4. 15 Volume Agregat Kasar Persatuan Volume Beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Berdasarkan data diatas maka diambil 0.66 Sehingga berat keringnya

$$= 0.66 \times 1423.59$$

$$= 939.5694 \text{ kg}$$

**b. Berat perkiraan**

Tabel 4. 16 Berat Perkiraan Awal Berat Beton

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m <sup>3</sup>	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
17	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2350
75	2490	2345
150	2530	2405

Berdasarkan data diatas maka perkiraan berat

beton adalah 2345 Sehingga:

$$\text{Air} = 216 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 313.04 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 939.56 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah} = 1468.61 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka berat agregat halus} &= 2345 - 1468.61 \\ &= 876.39 \text{ kg} \end{aligned}$$

**c. Volume absolute**

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \frac{313.04}{1000} \times 1000 \\ &= 0.216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume padat semen} &= \frac{313.04}{2.67} \times 1000 \\ &= 0.1026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume absolute agregat kasar} &= \frac{939.5694}{2.67} \times 1000 \\ &= 0.3519 \end{aligned}$$

$$\text{Volume udara tertangkap} = 2\% \times 1 = 0.02$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume padat selain agregat halus} &= 0.216 + \\ &0.103 + 0.352 + 0.02 \\ &= 0.691 \end{aligned}$$

$$\text{Volume agregat halus yang dibutuhkan} = 1 - 0.691$$

$$= 0.3095$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat halus kering yang dibutuhkan} &= 0.3095 \times 2.41 \times \\ &1000 \\ &= 745.81 \end{aligned}$$

**d. Perbandingan berat**

Tabel 4. 17 Perbandingan Berat

	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	216	216
Semen	313.04	313.04
Ag. Kasar (kering)	939.5694	939.5694
Ag. Halus (kering)	876.39	745.81

**e. Koreksi terhadap kadar air**

1) Kadar air yang didapat ;

$$\text{Agregat kasar} = 1.16\%$$

$$\text{Agregat halus} = 7.10\%$$

2) Sehingga berat (massa) penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 939.5694 \times (1 + 1.16\%) = 950.4684$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 876.39 \times (1 + 7.10\%) = 938.61$$

3) Air yang diserap tidak menjadi bagian dari pencampuran dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka:

$$\text{Air yang diberi agregat kasar adalah } (1.16\% - 2.18\%) = -1.02\%$$

$$\text{Air yang diberi agregat halus adalah } (7.10\% - 3.60\%) = 3.50\%$$

Maka kebutuhan air adalah sebagai berikut :

$$= 216 - (939.5694 \times -1.02\%) - (876.39 \times 3.50\%)$$

$$= 194.91 \text{ kg}$$

- Maka perkiraan  $1\text{m}^3$  beton untuk pembuatan benda uji berbentuk silinder dengan  $\varnothing 15$  cm dan tinggi 30 cm adalah sebagai berikut:
- Volume 1 buah silinder  $= 0,25 \times \pi \times d^2 \times t$

$$= 0,25 \times 3.14 \times 15^2 \times 30$$



$$= 0.53\text{cm}^3$$

$$= 0.0053 \text{ m}^3$$

Air  $= (194.91 \times 0.0053) + (194.91 \times 0.0053 \times 20\%)$   
 $= 1.24 \text{ kg}$

Semen  $= (313.04 \times 0.0053) + (313.04 \times 0.0053 \times 20\%)$   
 $= 1.99 \text{ kg}$

Agregat kasar (basah)  $= (950.4684 \times 0.0053) + (950.4684 \times 0.0053 \times 20\%)$   
 $= 6.04 \text{ kg}$

Agregat halus (basah)  $= (938.611 \times 0.0053) + (938.611 \times 0.0053 \times 20\%)$   
 $= 5.97 \text{ kg}$

Berikut adalah komposisi mix design campuran beton untuk 1 buah benda uji silinder:

Tabel 4. 18 Komposisi Mix Design Campuran Beton

Volume Abu Batu	Berat (kg)					
	%	Air	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Abu Batu
Normal		1,24	1,99	5,97	6,04	-
15%		1,24	1,99	5,075	6,04	0,896
17,5%		1,24	1,99	4,925	6,04	1,045
20%		1,24	1,99	4,776	6,04	1,194
22,5%		1,24	1,99	4,627	6,04	1,343
25%		1,24	1,99	4,478	6,04	1,493

Untuk mendapatkan komposisi abu batu sesuai dengan presentase, komposisi abu batu tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Jumlah abu batu} = \text{jumlah agregat halus} - (\text{jumlah agregat halus} \times \% \text{ abu batu})$$

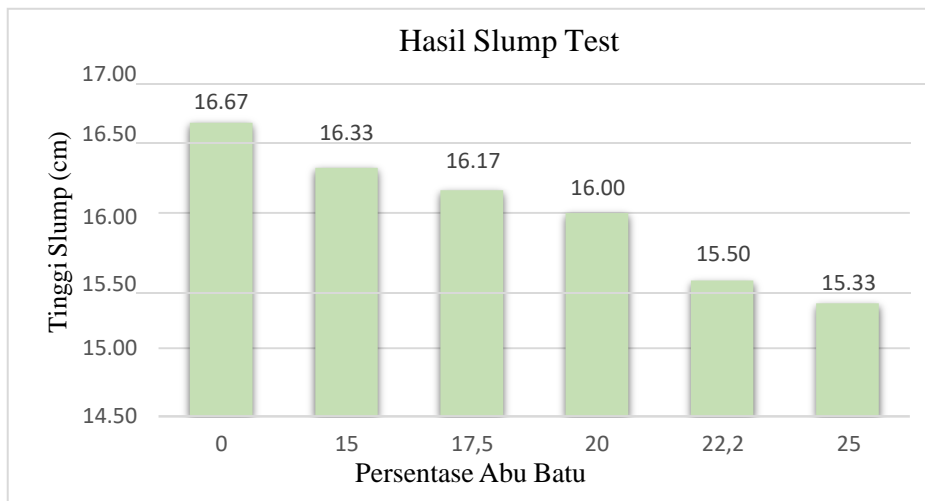
$$= 5.97 - (5.97 \times 15\%)$$

$$= 0.776$$

#### 4.5 Pengujian Nilai Slump

Menurut Tjokrodimuljo (2007) uji slump adalah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar dan untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Dimana pada penelitian ini nilai slump yang diambil yaitu 15 cm – 17.5 cm. hasil pengujian nilai slump tersebut sudah di lakukan dilaboratorium

Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Nilai Slump



Gambar 4. 4 Pengujian Slump

Setelah dilakukan pengujian nilai slump dan dirata-ratakan didapat nilai slump tertinggi pada campuran beton normal ini yaitu pada variasi 0% dengan tinggi 16,67 cm dan nilai slump terendah pada variasi 25% dengan tinggi 15,33cm. Pada beton dengan penambahan abu batu 15%, 17,5%, 20%, 22,5%, dan 25% sebagai pengganti agregat halus nilai slump yang didapatkan lebih rendah dari nilai slump beton normal. Maka pada pengujian nilai slump ini masuk kepada nilai slump rencana yaitu 15cm – 17,5 cm.

#### 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dengan melakukan pengamatan melalui pengukuran pergerakan jarum yang bergerak naik setelah beban pada mesin diberikan pada benda uji tersebut. Semakin besar kekuatan beton yang dicapai maka akan semakin tinggi mutu beton yang akan dihasilkan. Dalam penelitian kali ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan di laboratorium Universitas Bung Hatta

Adapun perhitungan untuk kuat tekan beton adalah sebagai berikut: Luas penampang silinder:

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2 = 0,25 \times 3,14 \times 15^2 = 176,625 \text{ cm}^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tekan beton (f'c)} = \frac{\left(\frac{P}{A}\right)}{\text{Koef Estimasi}}$$

Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur Rencana (Hari)	Koef Estimasi	Hasil Test (P) (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian					
BN-1-0%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	235	13.31	13.16
BN-2-0%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	230	13.02	
BBC-1-15%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	240	13.59	13.59
BBC-2-15%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	240	13.59	
BBC-1-17,5%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	245	13.87	13.59
BBC-2-17,5%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	235	13.31	
BBC-1-20%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	260	14.72	14.58
BBC-2-20%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	255	14.44	
BBC-1-22,5%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	230	13.02	13.02
BBC-2-22,5%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	230	13.02	
BBC-1-25%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	225	12.74	12.60
BBC-2-25%	31/07/2023	6/08/2022	7	0.65	220	12.46	

Pada penelitian sekarang dengan menggunakan mutu beton rencana 20 Mpa dan variasi 0%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5%, dan 25% dengan nilai pengujian kuat tekan berturut-turut yaitu 13.16 Mpa, 13.59 Mpa, 13,59 Mpa, 14,58 Mpa, 13.02 Mpa dan 12,60 Mpa. Sehingga pada variasi 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan 25% pengujian kuat tekan nya lebih tinggi dari pada beton normal dan pada umur 7 hari nilai optimum nya pada variasi 20% dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur Rencana (Hari)	Koef Estimasi	Hasil Test (P) (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian					
BN-1-0%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	315	17.83	17.69
BN-2-0%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	310	17.55	
BBC-1-15%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	325	18.40	18.12
BBC-2-15%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	315	17.83	
BBC-1-17,5%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	355	20.10	19.82
BBC-2-17,5%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	345	19.53	
BBC-1-20%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	360	20.10	20.24
BBC-2-20%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	355	20.38	
BBC-1-22,5%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	360	20.10	20.10
BBC-2-22,5%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	350	19.82	
BBC-1-25%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	340	19.25	19.25
BBC-2-25%	1/08/2023	14/08/2023	14	0.88	340	19.25	

Pada pengujian umur 14 hari pada variasi 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan 25% berturut-turut sebesar 18,12 Mpa, 19,82 Mpa, 20,24 Mpa, 20,10 Mpa, dan 19.25 Mpa. Sedangkan pada beton normal 14 hari sebesar 17,69 Mpa. Penambahan abu batu dapat meningkatkan kuat tekan beton dimana peningkatan kuat tekan optimum pada variasi 20% (tabel 4.21).

Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Tanggal		Umur Rencana (Hari)	Koef Estimasi	Hasil Test (P) (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata
	Pembuatan	Pengujian					
BN-1-0%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	360	20.38	20.24
BN-2-0%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	355	20.10	
BBC-1-15%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	365	20.67	20.24
BBC-2-15%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	350	19.82	
BBC-1-17,5%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	390	22.08	22.22
BBC-2-17,5%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	395	22.36	
BBC-1-20%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	400	22.67	22.79
BBC-2-20%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	405	22.93	
BBC-1-22,5%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	325	18.40	18.54
BBC-2-22,5%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	330	18.68	
BBC-1-25%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	305	17.27	17.13
BBC-2-25%	2/08/2023	30/08/2023	28	0.88	300	16.99	

Pada penelitian sekarang dengan menggunakan mutu beton rencana 20 Mpa dan variasi 0%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5%, dan 25% dengan nilai pengujian kuat tekan berturut-turut yaitu 20,24 Mpa, 20,24 Mpa, 22,22 Mpa, 22,79 Mpa, 18,54 Mpa dan 17,13 Mpa. Sehingga pada variasi 17,5%, dan 20% pengujian kuat tekannya lebih tinggi dari pada beton normal dan pada umur 28 hari nilai optimumnya pada variasi 20%. Dapat dilihat pada tabel 4.21.

Setelah itu dilakukan Analisa pada beton untuk mengetahui kuat tekan rata-rata dan standar deviasi. Dimana semakin besar nilai pada standar deviasi maka kuat tekan beton akan semakin kecil. Standar deviasi berfungsi untuk mendapatkan standar mutu dari setiap material.

Rumus standar deviasi menurut SNI03-2834-2000 yaitu:

$$S = \sqrt{\frac{\sum n(x_1 - x_2)^2}{(n-1)}}$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

xi = kuat tekan beton dari benda uji

$\bar{x}$  = kuat tekan beton rata-rata

Dan rumus menghitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dengan rumus

$$F'_{cr} = \bar{x} - 1,64 sr$$

Keterangan:

$F'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata dari keseluruhan sampel mix yang diuji

1,64 = ketetapan static yang nilai nya tergantung pada presentase kegagalan hasiluji sebesar maksimum 5%

sr = standar deviasi rencana

$$\text{Kuat tekan rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n}{n}$$

Tabel 4. 23 Standar Deviasi Pengujian Kuat Tekan Beton Abu batu0%

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimas	Hasil Test (P) (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Estimasi 28 har Mpa	$(xi - \bar{x})$	$(xi - \bar{x})^2$
	(Hari)						
BN-1-0%	7	0.65	235	13.31	20.47	0.27	0.073
BN-2-0%	7	0.65	230	13.02	20.03	-0.17	0.027
BN-1-0%	14	0.88	315	17.83	20.27	0.07	0.005
BN-2-0%	14	0.88	310	17.55	19.94	-0.25	0.063
BN-1-0%	28	1	360	20.38	20.38	0.18	0.033
BN-2-0%	28	1	355	20.10	20.10	-0.10	0.010
Jumlah					121.20		0.213

Kuat tekan maksimum = 20,47 Mpa

Kuat tekan minimum = 19,94 Mpa

Kuat tekan rata-rata = 20,20 Mpa

Varian = 0,043

Standar deviasi = 0,206

$F'_{cr}$  = 19,86 Mpa

Tabel 4. 24 Standar Deviasi Pengujian Kuat Tekan Beton Abu batu15%

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimasi	Hasil Test (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Estimasi 28 hari	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
	(Hari)				Mpa		
BBC-1-15%	7	0,65	240	13,59	20,90	0,33	0,107
BBC-2-15%	7	0,65	240	13,59	20,90	0,33	0,107
BBC-1-15%	14	0,88	325	18,40	20,91	0,33	0,110
BBC-2-15%	14	0,88	315	17,83	20,27	-0,31	0,097
BBC-1-15%	28	1	365	20,67	20,67	0,09	0,008
BBC-2-15%	28	1	350	19,82	19,82	-0,76	0,580
Jumlah					123,47		1,009

Kuat tekan maksimum = 20,91Mpa

Kuat tekan minimum = 19.82 Mpa

Kuat tekan rata-rata = 20.58 Mpa

Varian = 0,202

Standar deviasi = 0,449

F'cr = 19,84 Mpa

Tabel 4. 25 Standar Deviasi Pengujian Kuat Tekan Beton Abu batu17,5%

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimasi	Hasil Test (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Estimasi 28 hari	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
	(Hari)				Mpa		
BBC-1-17.5%	7	0,65	245	13,87	21,34	-0,54	0,293
BBC-2-17.5%	7	0,65	235	13,31	20,47	-1,41	1,995
BBC-1-17.5%	14	0,88	355	20,10	22,84	0,96	0,918
BBC-2-17.5%	14	0,88	345	19,53	22,20	0,31	0,099
BBC-1-17.5%	28	1	390	22,08	22,08	0,20	0,040
BBC-2-17.5%	28	1	395	22,36	22,36	0,48	0,232
Jumlah					131,29		3,577

Kuat tekan maksimum = 22,84 Mpa  
 Kuat tekan minimum = 20,47 Mpa  
 Kuat tekan rata-rata = 21,88 Mpa  
 Varian = 0,715  
 Standar deviasi = 0,846  
 F'cr = 20,49 Mpa

Tabel 4. 26 Standar Deviasi Pengujian Kuat Tekan Beton Abu batu20%

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimasi	Hasil Test (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Estimasi 28 hari	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
	(Hari)		(kN)	(Mpa)	Mpa		
BBC-1-20%	7	0,65	260	14,72	22,65	-0,09	0,009
BBC-2-20%	7	0,65	255	14,44	22,21	-0,53	0,279
BBC-1-20%	14	0,88	360	20,38	23,16	0,42	0,178
BBC-2-20%	14	0,88	355	20,10	22,84	0,10	0,010
BBC-1-20%	28	1	400	22,65	22,65	-0,09	0,009
BBC-2-20%	28	1	405	22,93	22,93	0,19	0,036
Jumlah					136,44		0,521

Kuat tekan maksimum = 23,16 Mpa  
 Kuat tekan minimum = 22,21 Mpa  
 Kuat tekan rata-rata = 22,74 Mpa  
 Varian = 0.104  
 Standar deviasi = 0.32  
 F'cr = 22,21 Mpa



Tabel 4. 27 Standar Deviasi Pengujian Kuat Tekan Beton Abubatu 22,5%

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimasi	Hasil Test (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Estimasi 28 hari	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
	(Hari)		(kN)	(Mpa)	Mpa		
BBC-1-22.5%	7	0,65	230	13,02	20,03	-0,44	0,192
BBC-2-22.5%	7	0,65	230	13,02	20,03	-0,44	0,192
BBC-1-22.5%	14	0,88	360	20,38	23,16	2,69	7,234
BBC-2-22.5%	14	0,88	350	19,82	22,52	2,05	4,187
BBC-1-22.5%	28	1	325	18,40	18,40	-2,07	4,290
BBC-2-22.5%	28	1	330	18,68	18,68	-1,79	3,198
Jumlah					122,83		19,294

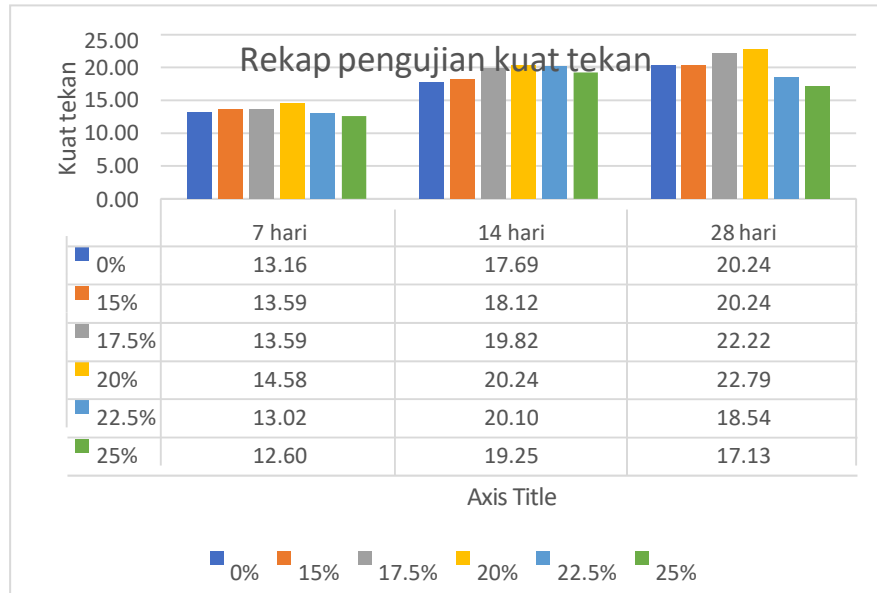
Kuat tekan maksimum = 23,16 Mpa  
 Kuat tekan minimum = 18,40 Mpa  
 Kuat tekan rata-rata = 20,47 Mpa  
 Varian = 3,859  
 Standar deviasi = 1,964  
 F'cr = 17,25 Mpa

Tabel 4. 28 Standar Deviasi Kuat Tekan Beton Abu batu 25%

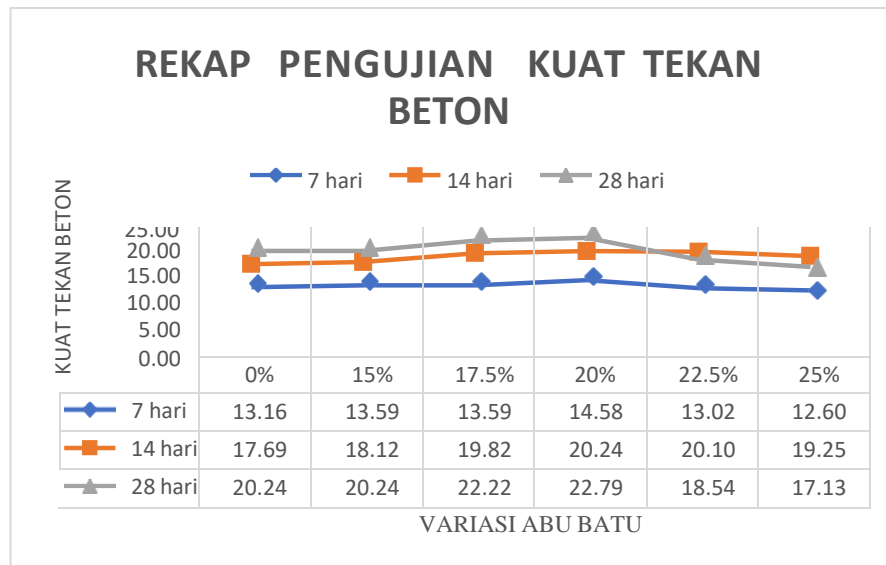
Kode Benda Uji	Umur Rencana	Koef Estimasi	Hasil Test (P)	Kuat Tekan	Kuat Tekan Estimasi 28 hari	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
	(Hari)		(kN)	(Mpa)	Mpa		
BBC-1-25%	7	0,65	225	12,74	19,60	0,14	0,019
BBC-2-25%	7	0,65	220	12,46	19,16	-0,30	0,089
BBC-1-25%	14	0,88	340	19,25	21,87	2,41	5,828
BBC-2-25%	14	0,88	340	19,25	21,87	2,41	5,828
BBC-1-25%	28	1	305	17,27	17,27	-2,19	4,807
BBC-2-25%	28	1	300	16,99	16,99	-2,48	6,128
Jumlah					116,76		22,699

Kuat tekan maksimum = 21,87 Mpa  
 Kuat tekan minimum = 16,99 Mpa  
 Kuat tekan rata-rata = 19,46 Mpa  
 Varian = 4,540  
 Standar deviasi = 2,131  
 F'cr = 15,96 Mpa

Tabel 4. 29 Rekap Pengujian Kuat Tekan



Tabel 4. 30 Grafik Rekap Pengujian Kuat Tekan Beton



Pada tabel 4.22 dan gambar 4.6 dapat dilihat pada beton normal kuat tekan yang direncanakan yaitu 20 Mpa, dari hasil penelitian pada umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan 20,24 Mpa, jadi mutu beton yang direncanakan sesuai dengan pengujian yang dilakukan.

Pada umur 7 hari beton dengan substitusi abu batu pada variasi 15%, 17,5% dan 20% mengalami peningkatan kuat tekan dengan nilai kuat tekan berturut-turut 13,59 Mpa, 13,59 Mpa dan 14,58 Mpa sedangkan pada beton

normal sebesar 13,16 Mpa. Dan pada variasi 20% merupakan peningkatan optimum pada umur 7 hari. Tetapi pada variasi 22.5% dan 25% mengalami penurunan kuat tekan beton.

Pada umur 14 hari beton dengan substitusi abu batu pada variasi 15%, 17,5%, dan 20% mengalami peningkatan kuat tekan dengan nilai kuat tekan berturut-turut 18,12 Mpa, 19,82 Mpa, 19, dan 20,24 Mpa sedangkan pada beton normal sebesar 17,69 Mpa. Dan pada variasi 20% merupakan peningkatan optimum pada umur 14 hari.

Pada umur 28 hari beton dengan substitusi abu batu pada variasi 15%, 17,5% dan 20% mengalami peningkatan kuat tekan dengan nilai kuat tekan berturut-turut 20,24 Mpa, 22,22 Mpa dan 22,79 Mpa sedangkan pada beton normal sebesar 20,24 Mpa. Dan pada variasi 20% merupakan peningkatan optimum pada umur 28 hari. Tetapi pada variasi 22,5% dan 25% mengalami penurunan kuat tekan beton.

substitusi abu batu terhadap campuran beton presentasi optimum terdapat pada variasi persentase 20%, untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal untuk penambahan abu batu pada campuran beton

Artinya untuk substitusi agregat halus dengan substitusi abu batu sebesar 20% dapat mengalami peningkatan, sedangkan untuk variasi 22,5% keatas dapat mengalami penurunan. Sehingga untuk variasi penambahan abu batu 15%, 17,5, dan 20% dapat digunakan untuk bahan pengganti agregat halus dalam campuran beton.



Gambar 4. 5 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 4. 6 Benda Uji yang Telah Diuji

#### 4.7 Perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan betonsubsitisi abu batu

Perbandingan antara beton normal dengan beton subsitisi abu batu dimana peningkatan dan penurunan nilai kuat tekan beton pada beberapa variasi campuran. Dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

a. Subsitusi Abu batu 15%

$$\text{Umur 7 hari} = \frac{13,59 - 13,16}{13,16} \times 100 = 3,26\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 14 hari} = \frac{17,812 - 17,69}{17,69} \times 100 = 2,43\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 28 hari} = \frac{20,24 - 20,24}{20,24} \times 100 = 0\% \text{ (tetap)}$$

b. Subsitusi Abu batu 17,5%

$$\text{Umur 7 hari} = \frac{13,59 - 13,16}{13,16} \times 100 = 3,26\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 14 hari} = \frac{19,82 - 17,69}{17,69} \times 100 = 12,04\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 28 hari} = \frac{22,22 - 20,24}{20,24} \times 100 = 9,78\% \text{ (peningkatan)}$$

c. Subsitusi Abu batu 20%

$$\text{Umur 7 hari} = \frac{14,58 - 13,16}{13,16} \times 100 = 10,79\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 14 hari} = \frac{20,24 - 17,69}{17,69} \times 100 = 14,41\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 28 hari} = \frac{22,79 - 20,24}{20,24} \times 100 = 12,59\% \text{ (peningkatan)}$$

d. Substitusi Abu batu 22,5%

$$\text{Umur 7 hari} = \frac{13,02 - 13,16}{13,16} \times 100 = -1,06\% \text{ (penurunan)}$$

$$\text{Umur 14 hari} = \frac{20,10 - 17,69}{17,69} \times 100 = 13,62\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 28 hari} = \frac{18,54 - 20,24}{20,24} \times 100 = -8,39\% \text{ (penurunan)}$$

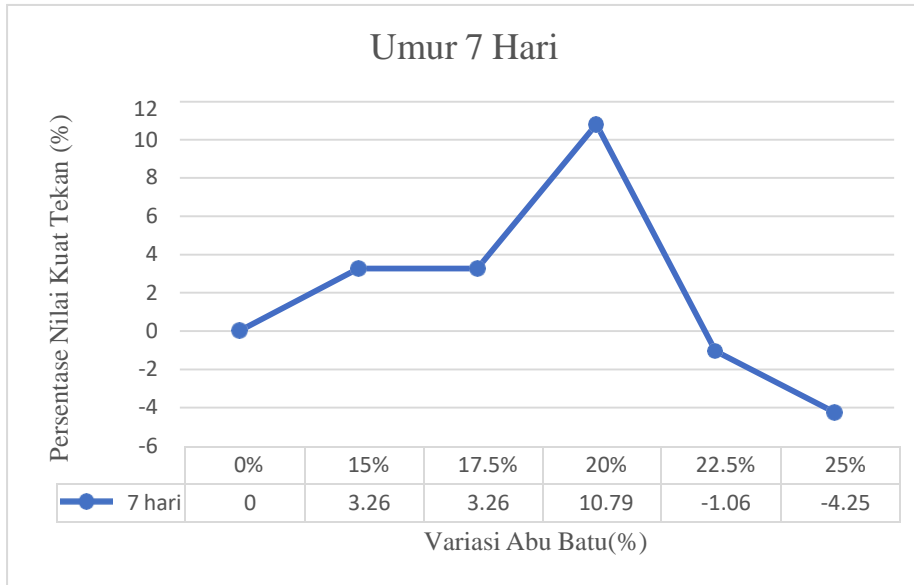
e. Substitusi Abu batu 25%

$$\text{Umur 7 hari} = \frac{12,60 - 13,16}{13,16} \times 100 = -4,25\% \text{ (penurunan)}$$

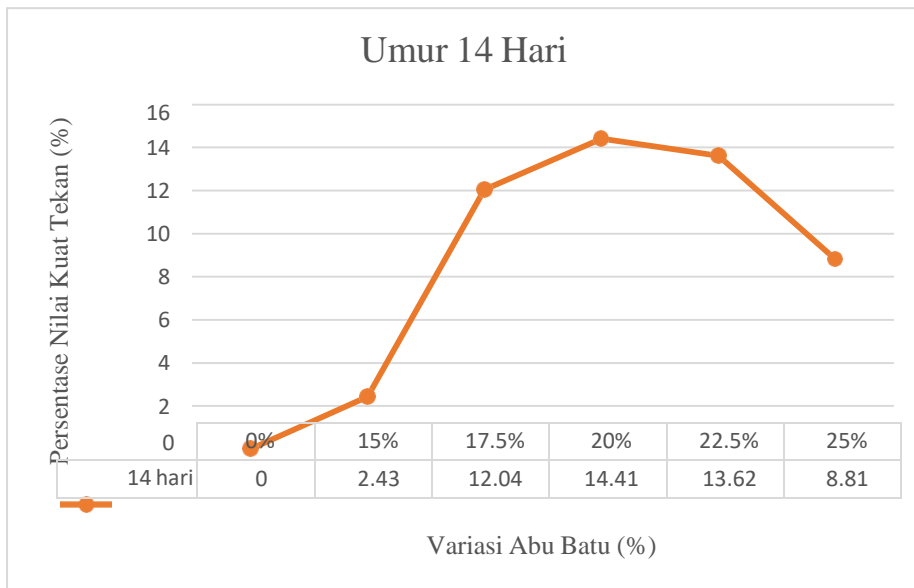
$$\text{Umur 14 hari} = \frac{19,25 - 17,69}{17,69} \times 100 = 8,81\% \text{ (peningkatan)}$$

$$\text{Umur 28 hari} = \frac{17,13 - 20,24}{20,24} \times 100 = -15,36\% \text{ (penurunan)}$$

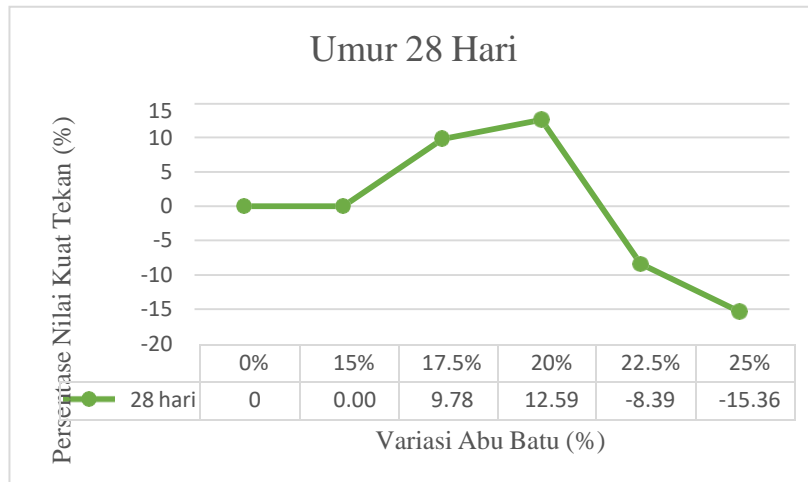
Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa persentase peningkatam dan penurunan kuat tekan dengan substitusi abu batu pada variasi 15%, 17,5% dan 20% mengalami peningkatan kuat tekan sedangkanpada variasi 22,5% dan 25% mengalami penurunan kuat tekan terlihat pada gambar 4.9, 4.10, dan 4.12 berikut:



Gambar 4. 7 Grafik Persentase Peningkatan dan Penurunan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



Gambar 4. 8 Grafik Persentase Peningkatan dan Penurunan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari



Gambar 4. 9 Grafik Persentase Peningkatan dan Penurunan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Dari hasil data yang didapatkan tentang persentase perbandingan antara beton normal dengan beton penambahan abu batu dapat diambil kesimpulan bahwa kuat tekan dengan tambahan abu batu pada variasi 15%, 17,5% dan 20% mengalami peningkatan kuat tekan sedangkan pada variasi 22,5% dan 25% mengalami penurunan.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu dari penelitian Abdullah Afif (2019) tentang PENGARUH ABU BATU SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON MUTU TINGGI dengan variasi abu batu 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% dengan menggunakan *Mix Design* berdasarkan SNI 03-6468-2000, pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder umur pengujian 28 hari. Dari data hasil pengujian didapat kuat tekan optimum pada variasi 20% sebesar 45,44 Mpa.

Pada penelitian sekarang dengan menggunakan agregat kasar dari CV. Berkah Amalia Jaya *Stone Crusher* Kampung Kalawi Kalumbuk, agregat halus dari produksi pasir sungai batang kurao di daerah tunggul hitam kota padang dan abu batu berasal dari lubuak alung padang pariaman. dengan variasi abu batu 0%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan 25% dengan menggunakan *Mix Design* berdasarkan SNI 7656:2012 pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder umur pengujian 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Dari data hasil pengujian didapat kuat tekan optimum pada variasi 20% sebesar 22,79 Mpa.