

Analisis Pengaruh Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Pada Beton Normal

Hujiyanto¹⁾, Irwan Lakawa^{2)*}, Hakimian³⁾, Marchel Yupi Paembonan⁴⁾

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Tenggara

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Tenggara

³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Tenggara

⁴ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Tenggara

*Corresponding author. ironelakawa@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:

*Coarse Aggregate,
Compressive Strength,
Normal Concrete*

How to cite:

*Hujiyanto, Irwan Lakawa,
Hakiman, Marchel Yupi
Paembonan (2024).
Analisis Pengaruh Ukuran
Maksimum Agregat Kasar
Terhadap Kuat Tekan dan
Porositas Pada Beton
Normal*



ABSTRACT

Concrete is a very popular building material used in the world of construction services, consisting of a mixture of Portland cement (PC) or other hydraulic cement, fine aggregate, coarse aggregate and water, with or without the use of additional materials that form a solid mass.

This test is a research study in the laboratory by examining the materials that make up concrete including aggregate sieve analysis testing, water content testing, mud content testing, unit weight testing, aggregate specific gravity testing, coarse aggregate wear testing, slump testing and compressive strength testing, porosity testing, which is carried out according to the SNI method.

Based on the results of the research carried out, it was found that the average compressive strength value of concrete for two different types of crushed stone material, for a gradation of 1-2 cm with moramo crushed stone material was 17.94 Mpa and pondidaha material was 18.41 Mpa. And for a gradation of 2-3 cm, the average compressive strength for moramo crushed stone was 16.90 Mpa, while for pondidaha crushed stone it was 17.46 Mpa.

1. Pendahuluan

Beton merupakan bahan bangunan yang sangat populer digunakan dalam dunia jasa konstruksi. Tidak ada bahan buatan manusia yang dimanfaatkan melebihi dari penggunaan beton di dunia ini. Informasi terakhir menunjukkan bahwa konsumsi beton dunia telah mencapai sekitar 8,8 milyar ton per tahun, ekivalen dengan 1,3 ton untuk tiap manusia di bumi. Jumlah ini nampaknya cenderung akan meningkat mengikuti perkembangan jumlah penduduk serta ilmu pengetahuan dan teknologi (Putra, 2021). Dalam

teknologi beton penggunaan agregat (halus dan kasar) dapat mencapai sekitar 75% dari keseluruhan bahan yang diperlukan untuk membuat beton. Dengan demikian perhatian terhadap pemilihan jenis maupun karakter dari agregat mendapatkan porsi yang cukup tinggi dalam fabrikasi beton.

Ukuran Dimensi Agregat mempengaruhi kuat tekan dan porositas dari beton. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh dari ukuran maksimum agregat kasar terhadap kuat tekan beton dan porositas beton dari agregat kasar dengan ukuran butir yang berbeda yaitu ukuran 1-2cm dan 2-3cm dengan dua sumber quarry agregat kasar yang berbeda yaitu quarry ex. Moramo dan ex. Pondidaha.

2. Tinjauan Pustaka

A. Beton

Beton adalah bahan bangunan buatan (*artificial stone*) material yang terjadi sebagai hasil pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Putra, 2021)

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (SNI 2847:2019). Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Beton yang baik ialah beton yang dapat menahan beban yang diberikan padanya. Adapun syarat beton yang baik yaitu : Kedap air (*water tight*, Awet dan tahan lama (*durable*), Tidak retak-retak (*no cracking*, Tidak banyak mengalami penyusutan, Tidak mempunyai karang beton (*honey combing*), Tidak lapuk (*efflorescence*), Tidak pecah-pecah (*spalling*), Permukaan tahan terhadap pengausan (*abrasion*).

B. Klasifikasi Beton

Beton dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristiknya dan parameter pembentuknya. Secara umum terdapat lima klasifikasi beton:

1. Berdasarkan berat satuannya

Berdasarkan berat satuannya, beton dapat dibedakan menjadi beton ringan, beton normal, dan beton berat. Klasifikasi berat satuan beton secara rinci ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi beton berdasarkan berat satuan

Jenis Beton	Berat Satuan (kg/m ³)
Beton Ringan	< 1900
Beton Normal	2200 - 2500
Beton Berat	>2500

Sumber : SNI 2847:2019

2. Berdasarkan mutu dan kuat tekan karakteristik

Berdasarkan mutu dan kuat tekan karakteristiknya, beton dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas (SNI 03 – 6468 – 2000) Kelas I hanya dapat diaplikasikan untuk konstruksi non-struktur. Sementara kelas II dan III dapat diaplikasikan untuk komponen struktur (bagian bangunan yang menahan beban).

3. Berdasarkan cara pembuatan dan komposisi

Berdasarkan cara pembuatan dan komposisinya, secara sederhana, beton dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu:

a). Beton Sederhana

Beton sederhana sering kali digunakan untuk pembuatan bata beton atau komponen bangunan non struktur, misalnya dinding bukan penahan beban. Beton ini dibuat dengan perbandingan semen : pasir : kerikil yaitu 1 : 2 : 3. Dalam prakteknya, untuk non struktur beton ini sering juga dibuat dengan perbandingan 1 : 3 : 5, atau bahkan lebih sedikit dari itu. Kuat tekan beton sederhana ini mencapai 10 MPa.

b). Beton normal

Beton normal umumnya digunakan untuk beton bertulang sebagai bagian dari komponen struktur, misalnya kolom, balok, dinding penahan beban, dan sebagainya. Kuat tekan beton normal umumnya berkisar 10-30 MPa. Dan pembuatannya, beton normal mengacu pada standar yang berlaku, seperti tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)

c). Beton Prategang

Beton prategang merupakan struktur beton bertulang melalui proses penarikan (pre-tension atau post-tension) dalam proses pembuatan ataupun aplikasinya. Beton yang digunakan pada jenis ini merupakan beton dengan mutu tinggi dengan kuat tekan 30-40 MPa. (SNI 03-2834-2000)

d). Beton kuat tekan tinggi / sangat tinggi

Konstruksi beton yang membutuhkan kekuatan tinggi biasanya terdapat pada bangunan bertingkat banyak (*high rise building*), jembatan bentang panjang dan bangunan khusus lainnya. Penggunaan beton ini juga sering kali dikombinasikan dengan beton prategang untuk mencapai kuat rencana. Beton kuat tekan tinggi atau sangat tinggi umumnya memiliki kuat tekan diatas 40 MPa. (SNI 03-2834-2000)

C. Bahan Penyusun Beton

1. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat kasar dapat menggunakan limbah beton untuk mengurangi eksploitasi bahan bahan alam (Soelarso & Baehaki, 2016) Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodinuljo, 2004).

a) Berdasarkan ukuran butir

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar atau sering juga disebut kerikil atau batu pecah (split) memiliki diameter $\geq 4,75$ mm (umumnya 4,75-40 mm) atau tertahan ayakan No. 4. Agregat halus atau umumnya disebut pasir memiliki diameter $<4,75$ mm (umumnya mulai dari 1,2 mm) atau lolos ayakan No. 4. Sementara itu, agregat yang memiliki ukuran $<1,2$ mm dapat dikategorikan sebagai debu/lumpur yang umumnya terdiri dari pasir halus $<1,2$ mm, lanau 0,075 mm atau lempung 0,002 mm.

b) Berdasarkan berat agregat

Berdasarkan beratnya, agregat dapat dibedakan atas agregat ringan, agregat normal, dan agregat berat. Agregat normal memiliki berat jenis antara 2,5-2,7 atau berat isi ≥ 1.200 kg/m³. Beton yang dibuat dari agregat normal disebut beton normal, dengan berat isi beton antara 2.200-2.500 kg/m³.

c) Berdasarkan bentuk agregat

Bentuk agregat merupakan salah satu parameter penting dalam kekuatan beton. Bentuk agregat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti proses geologi pembentukan batuan, cara peledakan di quarry pada saat penambangan, ataupun proses pemecahan

batu yang digunakan dalam membentuk agregat. Secara umum bentuk agregat dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu agregat bulat, agregat pipih, agregat lonjong, dan agregat bersudut.

d) Berdasarkan gradasi

Gradasi adalah pembagian berdasarkan ukuran butir yang diperoleh dari hasil uji saringan di laboratorium. Berdasarkan gradasinya, agregat dapat dibedakan menjadi 3 jenis kondisi gradasi yaitu gradasi menerus (*continuous grading*), gradasi senjang (*gap grading*), dan gradasi seragam (*uniform grading*).

3. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi „alami“ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002). serta menyatakan ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat, antara lain :

- a). Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai bahan desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
- b). Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c). Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d). Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan ditentukan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - 1) Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat.
 - 2) Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - 3) Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Gradasi agregat merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan campuran beton karena berpengaruh pada sifat workabilitas adukan beton. Gradasi beton adalah distribusi ukuran butiran agregat dalam campuran beton. Gradasi beton dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Gradasi standar Agregat Kasar

No. Saringan	% Kumulatif Lolos Ukuran Butir			
(mm)	Nominal Saringan(mm)			
	37,5-4,75	25-4,74	19-4,75	12,5 - 4,75
37,5	95-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-
19	35-70	-	90-100	100
12,5	-	25-60	-	90-100

9,5	30-6	-	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-6	0-7

Sumber : ASTM C136-2012

4. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 9.5 mm atau lolos saringan no.3/8. Agregat halus berfungsi mengisi pori-pori yang ada diantara agregat kasar, sehingga diharapkan dapat meminimalkan kandungan udara dalam beton yang dapat mengurangi kekuatan beton. Selain itu gradasi agregat halus juga berpengaruh terhadap kualitas beton. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila butir-butir agregat bervariasi volume pori akan kecil. Hal ini karena butiran yang lebih kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga beton memiliki kemampuan yang tinggi.

5. Semen

Semen terdiri dari senyawa – senyawa kimia sebagai komponen penyusunnya, dengan sifat – sifat yang berbeda, dengan adanya perbedaan sifat dari masing-masing komponen ini, dapat dibuat berbagai macam jenis semen dengan hanya mengubah kadar masing-masing komponen sesuai dengan tujuan pemakaian semen.

6. Air

Air memegang peranan penting dalam pembuatan adukan beton. Air dan semen akan membuat suatu proses kimiawi, selain itu air juga akan membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Jumlah penggunaan air dalam pembuatan beton harus diperhatikan, karena jika penggunaan air terlalu sedikit akan menyebabkan beton sulit dikerjakan, tetapi jika terlalu banyak akan mengurangi kekuatan dari beton

D. Perancangan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton (SNI-03-2834-2000) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) yang ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada Tabel 3 dan bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa. Kemudian nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Kendali Mutu

Tingkat Pengendalian Mutu	Standar Deviasi (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SNI 03-2834-2000

Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$M = 1.64 \times S_d \quad (2.1)$$

Dimana :

M = Nilai Tambah (Mpa)

Sd = Standar Deviasi Rencana (Mpa)

2. Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}) dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$f'_{cr} = f'_c \times M \quad (2.2)$$

Dimana:

f'_{cr} = Kuat Tekan Rata-Rata Yang Direncanakan (Mpa)

f'_c = Kuat Tekan Yang Disyaratkan (Mpa)

M = Nilai Tambah (Mpa)

3. Menentukan Jenis Semen Yang Dingunakan
4. Menentukan Jenis Agregat Kasar Yang Dingunakan
5. Menentukan Nilai Faktor Air Semen (FAS)
6. Menentukan faktor air semen maksimum dan jumlah semen minimum dengan menggunakan tabel.
7. Menentukan nilai slump yang merupakan parameter yang dingunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton.
8. Menentukan besar butir agregat maksimum
9. Menghitung kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat yang dipecahkan) dengan Persamaan 2.3 Berikut:

$$\text{Kadar Air Bebas} = \frac{2}{3} w_h \times \frac{1}{3} w_k \quad (2.3)$$

Dimana:

w_h = Perkiraan Jumlah Agregat Halus

w_k = Perkiraan Jumlah Agregat Kasar

Nilai w_h dan w_k diperoleh dari tabel 4. berikut.

Tabel 4. Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	-	-	-	-
10	Batu Tak Dipecahkan	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu Tak Dipecahkan	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu Tak Dipecahkan	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

10. Menghitung kadar semen yang dipakai per m³ beton dihitung dengan persamaan 2.4 berikut.

$$\text{Jumlah semen per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar AIR bebas}}{\text{FAS}} \quad (2.4)$$

11. Menghitung berat jenis relatif agregat yang diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan 2.5 berikut.

$$\text{Berat Jenis Gabungan (AG)} = (\% A_h \times B_j)_{\text{psr}} + (\% A_k \times B_j)_{\text{split}} \quad (2.5)$$

Dimana :

Bj (Ag) = Berat Jenis Gabungan

Bj (Ah) = Berat Jenis Agregat Halus

BJ (Ak) = Berat Jenis Agregat Kasar

%Ah = Presentase Agregat Halus

%Ak = Presentase Agregat Kasar

12. Mencari nilai berat isi beton basah dengan menggunakan grafik
13. Menghitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan Persamaan 2.6 berikut.
Kadar Agregat Gabungan = berat isi beton – Jumlah semen – kadar air bebas (2.6)
14. Menghitung kadar agregat halus dengan menggunakan Persamaan 2.7 berikut
Kadar agregat halus = $\frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan}$ (2.7)
15. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan persamaan 2.8 berikut.
Kadar agregat kasar = $\frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan}$ (2.8)

E. Mix Desain Beton

Secara umum perencanaan campuran (*mix design*) ini bertujuan untuk menentukan beberapa perbandingan dari bahan-bahan yang dapat menghasilkan mutu beton yang diinginkan.

1. Perhitungan penggabungan agregat

Untuk perhitungan perbandingan agregat kasar dan halus, di gunakan persamaan

2.9 :

$$Y \frac{A}{100} \times Ya + \frac{B}{100} \times Yb \quad (2.9)$$

Dimana :

Y : Presentase gabungan antara agregat halus dan agregat kasar

Ya : Presentase kumulatif pasir yang lolos saringan

Yb : Presentase kumulatif kerikil yang lolos saringan

A&B : Presentase perbandingan pasir dan kerikil

2. Cara pencampuran
 - a. Pencampuran semen, pasir dan agregat kedalam alat campuran secara simultan
 - b. Air harus diberikan kedalam alat campuran pada waktu yang bersamaan
 - c. Pencampuran harus berlangsung terus sampai campuran beton seragam konsistensinya
 - d. Alat campur di isikan sesuai dengan kapasitasnya
 - e. Alat campur harus di setel dengan teliti sehingga sumbu putar wadah pencampur dalam posisi
 - f. Untuk mendapatkan penampilan beton yang memuaskan, alat pencampur harus menghasilkan beton yang seraga pada seluruh takaran
 - g. Alat pencampur harus berputar pada kecepatan yang benar seperti yang dinyatakan oleh pabrik
 - h. Pembersihan teratur pada setiap akhir dari siklus pencampuran beton
 - i. Pisau campur beton yang telah aus bengkok dan menjadi jelek akan mengurangi efisiensi serta harus segera di ganti
 - j. Lekatan semen di kurangi dengan cara mengoleskan minyak pada setiap pada setiap permukaan alat campur, sebab setelah membersihkan lapis semen bisa jadi lekatan dan keras pada bagian hidung dari hooper pengisi sehingga harus sering kali di antisipasi

3. Pengujian slump test dan Perawatan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai slump dari beton. Nilai slump ini merupakan ukuran kekentalan beton segar. Perawatan beton (curing) dilakukan dengan tujuan untuk menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak retak pada permukaan beton dapat dihindari, serta mutu beton yang diinginkan dapat tercapai. Selain itu kelembaban permukaan beton juga dapat menambah ketahanan beton terhadap pengaruh cuaca dan lebih kedap terhadap air. Perawatan dilaboratorium dengan melakukan perendaman dalam air sedangkan perawatan

dilapangan dapat membungkus dengan plastik atau membasahi atau menutup dengan karung basah (Arkis, 2020).

F. Pengujian Kuat Tekan

Sifat yang paling penting dalam beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

a. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu semakin lambat, dan laju kenaikan tersebut menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Oleh karena itu, sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari (SNI 1974:2011)

b. Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland di dalam campuran adukan beton. Umumnya, nilai FAS pada beton normal berkisar antara 0,3 sampai 0,6. Mutu bahan dasar mempengaruhi mutu beton, sehingga diperlukan pemeriksaan material yang digunakan dalam pembuatan beton secara laboratorium, antara lain:

- 1) Pengujian analisa ayakan agregat (kasar dan halus), dan analisa gabungan
- 2) Pengujian berat jenis agregat
- 3) Pengujian keausan agregat
- 4) Pengujian berat isi
- 5) Pengujian Kadar Lumpur

Uji kuat tekan merupakan pengujian mekanik dengan tujuan mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap besar gaya tekannya.

1. Prosedur pelaksanaan

- a. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara centris
- b. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm²
- c. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah angka maksimum yang tertera pada mesin kuat tekan beton yang menunjukkan daya tahan benda uji tersebut
- d. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan akhir benda uji.
- e. Nilai kuat tekan benda uji dengan persamaan 2.10 berikut :

$$f_c' = P / A \quad (2.10)$$

dimana :

- f_c' : nilai kuat tekan benda uji
 P : beban yang dapat dipikul hingga runtuh
 A : luas penampang yang menerima beban

G. Porositas

Rongga atau pori di dalam beton disebut porositas, besar kecilnya persentase pori mempengaruhi kekuatan beton, pori pori dapat terisi air atau udara yang saling berhubungan yang disebut kapiler beton (Triandah & Sani, 2022). Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap

kekuatan beton. (SNI 1974:2011) Agregat kasar pada beton akan memberi rongga atau pori dan menyebabkan porositas besar, karena pori yang ada akan menyerap air di sekitarnya (Sultan, 2019).

Ada dua jenis porositas yaitu porositas tertutup dan porositas terbuka. Porositas tertutup pada umumnya sulit untuk ditentukan, pori tersebut merupakan rongga yang terjebak di dalam padatan dan serta tidak ada akses ke permukaan luar, sedangkan porositas terbuka masih ada akses ke permukaan luar, walaupun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan. Faktor air semen berpengaruh terhadap porositas beton, faktor air semen tinggi menyebabkan pasta semen terbawa air dan mengendap di bawah dan porositas menjadi menurun (Ginting, 2015). Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka. Untuk menghitung nilai porositas menggunakan persamaan 2.12 berikut.

$$\text{Porositas} = \frac{B - A}{B - C} \times 100\% \quad (2.11)$$

Di mana :

A = Berat Kering Beton Setelah Dioven (gram)

B = Berat Basah Beton Setelah Direndam (gram)

C = Berat Benda Dalam Air (gram)

3. Metodologi Penelitian

Pada tahap ini, data yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya. Adapun langkah – langkah dari analisis perhitungan ini adalah sebagai berikut:

- Analisis hasil pemeriksaan material berupa : Analisis pengujian kadar lumpur, Analisis pengujian kadar air, Analisis pengujian berat jenis agregat, Analisis pengujian analisa saringan, Analisis pengujian berat isi agregat, Analisis pengujian abrasi agregat kasar.
- Menentukan nilai standar deviasi (Persamaan 2.1)
- Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (Persamaan 2.2)
- Menghitung kadar air bebas (persamaan 2.3)
- Menghitung berat jenis relatif (persamaan 2.5)
- Menghitung penggunaan agregat per m³ beton (persamaan 2.6)
- Menghitung kadar agregat halus (persamaan 2.7)
- Menghitung kadar agregat kasar (persamaan 2.8)

Analisis hasil pengujian kuat tekan beton

- Analisis hasil pengujian kuat tekan beton (persamaan 2.9)
- Analisis hasil pengujian porositas beton (persamaan 2.10)

4. Hasil dan Pembahasan

A. Komposisi beton

- Menentukan Standar deviasi

Rumus untuk menentukan standar deviasi ialah

$$M = K \times S_d$$

$$M = 1.64 \times 4.2 \quad M = 6.8 \text{ Mpa} \quad (2.1)$$

- Menentukan kuat tekan rata – rata yang di rencanakan

Rumus untuk menentukan kuat tekan rata – rata yang direncanakan ialah

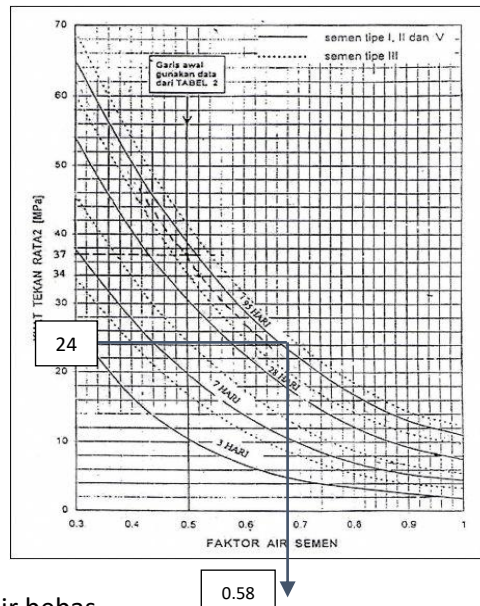
$$\text{Dik : } F_c = 16.9 \text{ Mpa}$$

$$F'_{cr} = F'_c + M \quad F'_{cr} = 16.9 + 6.8 = 24 \text{ Mpa} \quad (2.2)$$

- Menentukan Faktor Air Semen

Untuk menentukan faktor air semen dapat dilihat pada gambar 1. di bawah ini:

Gambar 1. Grafik hubungan Faktor Air Semen dan mutu beton



d). Menghitung kadar air bebas

Untuk menghitung kadar air bebas dapat dilihat pada rumus di bawah ini

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} w_h \times \frac{1}{3} w_k$$

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} \times 195 \times \frac{1}{3} \times 225 = 205 \quad (2.3)$$

e). Menghitung berat jenis gabungan

Rumus untuk menghitung berat jenis agregat gabungan adalah:

- Berat jenis gabungan Moramo = split

$$\text{Berat jenis gabungan Moramo} = \{ (40 \times 2.58) + (60 \times 2.67) \} = 2.63$$

- Berat jenis gabungan Moramo = { (% x Bj SSD) pasir + (% x Bj SSD) } split

$$\text{Berat jenis gabungan Moramo} = \{ (40 \times 2.58) + (60 \times 3.17) \} = 2.93 \quad (2.4)$$

f). Menghitung penggunaan agregat per m3 beton

Untuk menghitung penggunaan agregat dalam per m3 beton menggunakan rumus di bawah ini

- Agregat Pondidaha per m3 beton = Berat Volume beton basah – Jumlah semen-Air Bebas

$$= 2553 - 353.45 - 205 = 1994.55 \text{ kg/m}^3 \quad (2.5)$$

- Agregat Moramo per m3 beton = Berat Volume beton basah – Jumlah semen- Air Bebas

$$= 2370 - 353.45 - 205 = 1811.55 \text{ kg/m}^3 \quad (2.6)$$

g). Menghitung kadar agregat halus per m3 beton

$$\text{Kadar agregat Moramo} = \frac{\% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan}}{100}$$

$$\text{Kadar agregat Moramo} = \frac{40 \times 1811.5}{100} = 724.62 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Kadar agregat Pondidaha} = \frac{\% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan}}{100}$$

$$\text{Kadar agregat Pondidaha} = \frac{40 \times 1994.55}{100} = 797.82 \text{ kg/ m}^3 \quad (2.7)$$

h). Menghitung kadar agregat kasar per m3 beton

$$\text{Kadar agregat Moramo} = \frac{\% \text{ agregat kasar} \times \text{kadar agregat gabungan}}{100}$$

$$\text{Kadar agregat Moramo} = \frac{60 \times 1811.5}{100} = 1086.93 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Kadar agregat Pondidaha} = \frac{\% \text{ agregat kasar} \times \text{kadar agregat gabungan}}{100}$$

$$\text{Kadar agregat Pondidaha} = \frac{60 \times 1994.55}{100} = 1196.73 \text{ kg/ m}^3 \quad (2.8)$$

Komposisi untuk campuran beton per 1M³ disajikan pada tabel 5. Untuk pembuatan sampel kebutuhan bahan disesuaikan untuk 3 buah silinder beton.

Tabel 5. Komposisi Campuran Beton untuk 1M³

Jenis bahan	Sumber material agg. kasar				
	Agg. ex. moramo	% pemakai an agg.	Agg. ex. Pondidaha	% Pemakai an agg.	
Semen PCC (kg)	353.45		318,97		Mutu disyaratkan $f_c' = 16,9 \text{ MPa}$ Mutu renc $f_{cr} = 24 \text{ MPa}$
Ag.halus (pasir) (kg)	724.62	40	797.82	45	
Ag. Kasar 1-2 atau 2-3cm (kg)	1086.93	60	1196.73	55	
Air (liter)	205		205		

B. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Sampel silinder beton dibuat masing-masing 3 (tiga) buah untuk setiap ukuran agregat dan sumber quarrynya, dengan sampel silinder beton ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan beton dari dua jenis material dan gradasi yang berbeda.

a. Perhitungan kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dapat di lihat pada tabel 6.

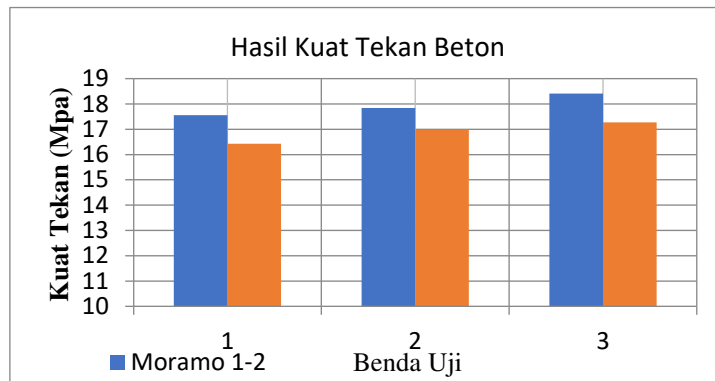
Tabel 6 Hasil kuat tekan beton

No.	Sampel	Berat	Pengujian		Mpa	Rata-rata kuat tekan (MPa)
			Kn	Luasan (cm ²)		
1	Moramo 1-2 cm	12,640	310	176,62	17,56	17,94
		12,450	315	176,62	17,84	
		12,410	325	176,62	18,41	
2	Pondidaha 1-2 cm	13,540	340	176,62	19,26	18,41
		13,655	325	176,62	18,41	
		13,565	310	176,62	17,56	
3	Moramo 2-3 cm	12,320	290	176,62	16,42	16,90
		12,525	300	176,62	16,99	
		12,500	305	176,62	17,27	
4	Pondidaha 2-3 cm	13,390	315	176,62	17,84	17,46
		13,430	310	176,62	17,56	
		13,220	300	176,62	16,99	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Untuk perbandingan kuat tekan antara agregat kasar moramo dengan ukuran butir 1-2 cm dan 2-3 cm dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2 Grafik kuat tekan beton ukuran butir 1-2 dan 2-3cm

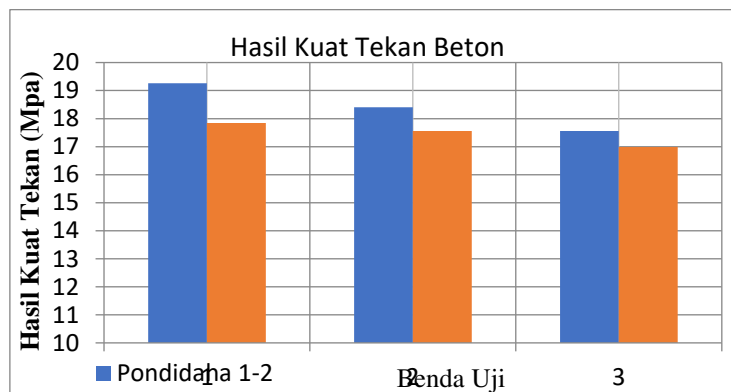


Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh beton dengan agregat kasar ukuran butir 1-2 cm lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan ukuran butir 2-3 cm, hal ini di pengaruhi oleh ukuran agregat nya lebih kecil, karena semakin kecil ukuran agregat maka volume pori beton menjadi lebih kecil. Juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti dari ukuran gradasi agregat yang akan berpengaruh pada kepadatan dan tingkat porositas beton. Susunan butiran yang baik dapat menghasilkan kepadatan (*density*) maksimum dan porositas (*voids*) minimum.

Untuk perbandingan kuat tekan antara agregat kasar pondidaha untuk ukuran butir 1-2 cm dengan gradasi 2-3 cm dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3. Grafik kuat tekan beton ukuran butir 1-2 dan 2-3 cm



Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh beton dengan agregat kasar ukuran butir 1-2 cm lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan ukuran butir 2-3 cm, hal ini di pengaruhi oleh ukuran agregat nya lebih kecil, karena semakin kecil ukuran agregat maka volume pori beton menjadi lebih kecil., karena semakin kecil maka volume pori beton menjadi lebih kecil. Kuat tekan beton dengan ukuran butiran lebih besar mempunyai nilai kuat tekan beton yang lebih rendah dibandingkan dengan ukuran butir yang lebih kecil.

C. Hasil Pengujian Porositas Beton

Dari hasil pengujian yang dilaksanakan di laboratorium didapatkan nilai porositas beton yang disajikan dalam tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7. Nilai porositas dgn Agg.kasar ex.moramo gradasi 1-2 cm dan 2-3 cm.

No.	Jenis Pengujian	Pengujian		
		I	II	III
1	Berat beton setelah di oven (A)	1966,5	1782,9	1224,7

2	Berat basah beton setelah direndam (B)	2124,7	1940,8	1325,8
3	Berat benda dalam air (C)	996,8	875,6	621,50
Nilai Porositas Beton Moramo 1-2 cm (%)		14,03	14,82	14,35
Porositas Rata - Rata (%)		14,40		
Kuat tekan gradasi moramo 1-2 cm		17.94 Mpa		
No.	Jenis Pengujian	Pengujian		
		I	II	III
1	Berat beton setelah di oven (A)	1589,9	1698,2	1985,2
2	Berat basah beton setelah direndam (B)	1743,0	1860,2	2162,8
3	Berat benda dalam air (C)	975,7	982,4	1272,8
Nilai Porositas Beton Moramo 2-3 cm (%)		19,95	18,46	19,96
Rata - Rata (%)		19,45		
Kuat tekan gradasi moramo 2-3 cm		16.90 Mpa		

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Tabel 8. Nilai porositas dgn Agg.kasar ex.Pondidaha gradasi 1-2 cm dan 2-3 cm.

No.	Jenis Pengujian	Pengujian		
		I	II	III
1	Berat beton setelah di oven (A)	2276,9	2165,2	1420,3
2	Berat basah beton setelah direndam (B)	2410,8	2297,5	1507,0
3	Berat benda dalam air (C)	1417,6	1338,2	879,2
Nilai Porositas Beton Pondidaha 1-2 cm (%)		13,48	13,79	13,81
Rata - Rata (%)		13,69		
Kuat tekan gradasi pondidaha 1-2 cm		18.41 Mpa		
No.	Jenis Pengujian	Pengujian		
		I	II	III
1	Berat beton setelah di oven (A)	1898,1	1962,7	2137,6
2	Berat basah beton setelah direndam (B)	2012,6	2108,6	2328,7
3	Berat benda dalam air (C)	1325,6	1226,8	1368,7
Nilai Porositas Beton Pondidaha 2-3 cm (%)		16,67	16,55	19,91
Rata - Rata (%)		17,71		
Kuat tekan gradasi pondidaha 2-3 cm		17.46 Mpa		

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian yang didapatkan porositas beton berpengaruh pada kuat tekan beton, ini mana semakin kecil nilai porositas maka dapat dipastikan nilai kuat tekan beton tersebut semakin tinggi, dan juga porositas memiliki nilai yang paling penting karena porositas berhubungan erat dengan sifat mekanik beton yaitu keawetan. Banyaknya pori – pori yang terkandung dalam beton biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, gradasi maksimum agregat, besar kecilnya tingkat nilai slump, maupun pada lamanya pemadatan.

5. Kesimpulan

Hasil analisis dan perhitungan pengujian kuat tekan beton antara dua jenis material agregat kasar yaitu ex. Moramo dan ex. Podidaha dengan ukuran butir 1-2 cm dan 2-3 cm, di peroleh kuat tekan beton untuk ukuran butir 1-2cm lebih tinggi kuat tekannya. Demikian pula Hasil pengujian porositas, beton dengan dengan agregat kasar dengan ukuran butir 1-2

cm memiliki porositas yang lebih kecil dibandingkan beton dengan agregata kasar ukuran butir 2-3cm.

Dapat dikatakan bahwa semakin kecil ukuran butiran agregat kasar maka semakin tinggi kuat tekannya namun semakin kecil nilai porositasnya.

Referensi

- Arkis, Z. (2020). Pengaruh metode perawatan beton terhadap kuat tekan beton normal. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 7(2), 5-5.
- Ginting, A. (2015). Pengaruh rasio agregat semen dan faktor air semen terhadap kuat tekan dan porositas beton porous. *Jurnal Teknik Universitas Janabadra*, 5(1), 1-9.
- Putra, E. H. (2021). *Beton Sebagai Material Konstruksi*. Gre Publishing.
- Soelarso, S., & Baehaki, B. (2016). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).
- Sultan, M. A. (2019). Korelasi porositas beton terhadap kuat tekan rata-rata. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 2(2).
- Tjokrodinuljo, K. (2004). *Teknologi Beton, Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil–Magister Teknologi Bahan Bangunan–Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Yogyakarta*.
- Triana, Y., & Sani, S. (2022). Pengaruh Penambahan Serabut (Fiber) Kelapa Sawit Terhadap Porositas Beton. *Jurnal Deformasi*, 7(1), 92-101.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2834 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2493:2011. *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Di laboratorium*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1972-2008. *Tata Cara Uji Slump Beton*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2847 : 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*