

PENGARUH PENGGUNAAN BATU CADAS DI DAERAH PARANGINAN KAB. PADANG LAWAS UTARA SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Arip Muda Harahap¹, Suryanti Suraja Pulungan², Nurhasanah Siregar³

¹Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan

^{2 3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan

Abstrak :Kualitas beton dapat diketahui melalui perencanaan dan pengawasan yang lebih baik dan teliti terhadap bahan-bahan yang akan dipakai. Batu cadas (batu trass) adalah batuan yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Batu cadas (batu trass) banyak terdapat di Daerah Paranginan Kabupaten Padang Lawas Utara. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan nilai perbandingan kuat tekan beton dan sifat - sifat (kekuatan, berat isi, dan nilai slump) beton berbahan batu cadas (batu trass) sebagai pengganti agregat kasar terhadap beton normal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan memanfaatkan batu cadas (batu trass) sebagai pengganti sebagian kerikil pada beton dengan variasi normal, 10%, dan 20%. Dari hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan maka didapat nilai kuat tekan beton rata-rata pada setiap umur pengujian seperti diketahui pada saat umur 7 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 5,56 N/mm² dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 4,71 N/mm². Sedangkan pada umur pengujian 14 hari kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 6,41 N/mm² dan nilai kuat tekan beton terendah adalah variasi 20% dengan nilai sebesar 5,18 N/mm², pada umur pengujian 28 hari kuat tekan beton terbesar adalah beton normal dengan nilai sebesar 8,58 N/mm² dan nilai kuat tekan beton terendah adalah variasi 20% sebesar 6,13 N/mm².

Kata kunci: Batu Cadas, Beton, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi paling umum digunakan dalam pembangunan struktur bangunan. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya, terutama agregat kasar yang menjadi komponen terbesar dalam volume beton. Oleh karena itu, pemilihan jenis agregat kasar menjadi faktor penting dalam menentukan kekuatan dan mutu beton. Beton dengan perekat menggunakan semen dengan nilai ekonomi berat dari segi pembiayaan, perekat semen mempunyai kelemahan seperti pengerasan cukup lama, tidak tahan terhadap lumut atau kelembaban tinggi dan menyebabkan beton cepat rapuh. Cara mengatasinya perlu perancangan

material, sehingga kelemahan tersebut dapat di minimalkan, seperti penambahan bahan agregat kasar yang menggunakan batu cadas (batu trass), batu apung, batu gamping, dan lain sebagainya. Selama ini, agregat kasar yang sering digunakan berasal dari batu pecah jenis tertentu seperti batu andesit atau batu kali. Namun, ketersediaan material ini semakin terbatas di beberapa wilayah, yang berdampak pada kenaikan harga dan kesulitan distribusi. Selain itu batu cadas (batu trass) dapat di jadikan sebagai bahan agregat kasar pada pembuatan beton

Adapun tujuan penelitian pada penulisan hasil skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh batu cadas di daerah Paranginan terhadap kuat tekan beton
2. Untuk mengetahui nilai maksimum kuat tekan beton dengan campuran batu cadas di daerah Paranginan
3. Untuk mengetahui karakteristik batu cadas di daerah Paranginan dapat di jadikan sebagai *split*

TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah bahan konstruksi yang berbasis perekat semen dan agregatnya berupa: pasir, dan batu (kerikil). Agregat merupakan bahan pengisi utama dalam campuran beton maupun adukan. Kualitas beton dapat diketahui melalui perencanaan dan pengawasan yang lebih baik dan teliti terhadap bahan-bahan yang akan dipakai. Batu cadas (batu trass) adalah batuan yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Kegunaan batu trass adalah untuk bahan baku batako, industri semen, campuran bahan bangunan dan semen alam .

Beton pada umumnya di gunakan untuk konstruksi rumah, gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Karakteristik beton yang beredar, memiliki densitas sebesar 2,0-2,5 gr/cm, dan kuat tekan 3-50 MPa. Beton ini tergolong beton cukup berat untuk satu panel berukuran 240 x 60 x 6 cm, dengan bobot sekitar 100-125 Kg. Oleh karena itu untuk mengangkat ataupun instalasi memerlukan tenaga lebih dari satu orang atau alat berat sebagai media pembantu. Menurut Mulyono (2004), bahan penyusun beton terdiri dari agregat kasar, agregat, halus, semen, air dan bahan tambahan (*admixture*).

Dalam pengerjaan beton, ada sifat yang harus di perhatikan yaitu :

- Kemudahan pengerjaan (*Workability*)
- Pemisah kerikil (*segregation*)
- *Bleeding* (pemisah air)
- Proses pemadatan

Semen Portland

Semen *portland* adalah bahan yang mempunyai sifat adesit dan kohesit yang digunakan sebagai bahan pengikat (*binding material*) dan dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan air. Semen portland akan mengikat butir-butir agregat (halus dan kasar) setelah di beri air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu massa yang padat. Semen Portland (*cement portland*) merupakan bahan utama atau komponen beton terpenting yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Selanjutnya Nawy (2002) memberikan pendapat bahwa semen *portland (cement portland)* adalah semen yang dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium atau batu kapur (CaO), alumunium (Al₂O), pasir silikat (SiO) dan bahan biji besi (FeO₂) dan senyawa-senyawa (MgO) dan (SO) penambahan air pada mineral akan menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Agregat

Agregat merupakan bahan campuran beton yang di peroleh dari batuan yang telah mengalami proses penghancuran secara alam dan atau melalui proses pemecahan batu dengan menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Berdasarkan ukuran, agregat dalam beton terdiri dari dua jenis berdasarkan ukurannya,yaitu:

1. Agregat Halus (pasir)

Agregat halus terdiri dari butiran sebesar 0.14 - 5 mm, di dapat dari disintegrasikan batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artifisial sand*) tergantung dari kondisi pembentukan tempat yang terjadinya. Pasir alam dapat dibedakan atas : Pasir galian, pasir sungai, pasir laut, dan pasir gunung. Pasir merupakan bahan pengisi yang di gunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan, dan kekerasan pada produk bangunan campuran semen . Pasir yang digunakan harus bermutu baik yaitu pasir yang bebas dari lumpur, tanah liat, zat organik, garam florida, dan garam sulfat. Selain itu juga pasir harus bersifat keras, kekal, dan mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik.

2. Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang di maksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm/4,8 mm. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori . Butir- butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Air

Air yang dimaksud adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan beton, berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Menurut peraturan beton Indonesia (PBI 1971) persyaratan dari air

yang digunakan sebagai campuran beton adalah:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak beton
2. Apabila terdapat keraguan terhadap air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air ke lembaga pemeriksaan yang diakui untuk dilakukan pemeriksaan sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.
3. Jumlah air yang dibutuhkan adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat tepatnya. Adapun fungsi air pada campuran beton adalah sebagai berikut: a) memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan pengerasan, dan b) pelumas campuran agar mudah pengerjaan.

Batu Cadas

Batu cadas (batu trass) adalah batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang di sebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Batu cadas (batu trass) ini berwarna putih keabu-abuan hingga putih kecoklatan, kompak dan padu dan agak sult di gali dengan alat sederhana. Pada saat ini batu cadas (batu trass) belum dimanfaatkan secara optimal, namun secara local telah dimanfaatkan penduduk untuk pembuatan batako.

Berdasarkan hasil analisa kimia contoh Batu cadas (batu trass) memperlihatkan komposisi sebagai berikut

Tabel 1. Hasil analisa Batu Cadas (batu Trass)

Komposisi Kimia	Persen berat (%)
SiO ²	4,73 %
TiO ²	0,15 %
Al ₂ O ₃	6,75 %
Fe ₂ O ₃	25,40 %
CaO	41,55 %
MgO	1,12 %
MnO	0,05 %

Batu trass (batu cadas) yang terdapat di dalamnya umumnya berasal dari batuan piroklastik dengan komposisi andesitit yang telah mengalami pelapukan secara intensif sampai dengan derajat tertentu. Proses pelapukan berlangsung di sebabkan oleh adanya air yang mengakibatkan terjadinya pelolosan pada sebagian besar komponen basa seperti: CaO, MgO, NaO, dan K₂O yang di kandung oleh mineral-mineral batuan asal.

Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan beton.

Kuat tekan beton karakteristik adalah kuat tekan hancur pada umur 28 hari, dimana dari sejumlah besar hasil pemeriksaan kuat tekan, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5% saja. Kuat tekan beton ($f'c$) adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji silinder 150 mm, tinggi 300 mm) dipakai dalam

percobaan struktur beton, dinyatakan dalam kg/cm²

Kualitas beton ditentukan oleh tiga faktor yaitu pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan ketahanan (*durability*). Kuat tekan beton merupakan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu dengan menggunakan mesin kuat tekan beton.

Perhitungan Kuat tekan beton yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

Dimana,

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/mm² atau Mpa).

P = beban maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm²)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dengan melakukan percobaan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Graha Nusantara. Metode penelitian yang dilakukan dalam lingkungan terkendali (laboratorium) untuk menguji suatu hipotesis melalui perlakuan tertentu terhadap variabel bebas dan mengamati pengaruh penggunaan batu cadas terhadap kuat tekan beton. Peneliti secara aktif mengatur kondisi, bahan, dan prosedur percobaan agar dapat meminimalkan pengaruh variabel luar serta menghasilkan data yang akurat dan dapat direplikasi.

Pengujian Slump Beton (*Slump test*)

Sebelum memulai pelaksanaan pekerjaan beton, pada adukan beton dilakukan terlebih dahulu pengujian slump. Percobaan slump beton (*Slump test*) adalah suatu cara untuk mengukur kelecikan adukan beton (kecairan/kepadatan) yang berguna dalam pengerjaan beton. Pengujian ini dilakukan untuk menjamin agar nilai air semen tetap sesuai rencana. Pengujian Kuat

Tekan Beton yang dimaksud untuk mengetahui kekuatan beton untuk menahan gaya tekan maksimum yang bisa ditahan oleh beton. Benda uji yang dipakai dalam pengujian ini adalah silinder beton dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm. 27 buah yang terdiri dari beberapa sampel untuk tiap variasinya.

Peralatan yang digunakan

1. Kerucut Abrams, yaitu kerucut terpancung dengan ukuran diameter bawah 20cm, diameter atas 10cm, dan tinggi 30cm
2. Plat baja tahan karat untuk alat pengujian.
3. Mistar pengukur
4. Mistar pengukur

Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat sebanyak 27 buah dengan 3 variabel umur beton yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan klasifikasi pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Pembuatan Benda Uji

No.	Nama Sampel	Persentase Variasi Batu Cadas	Sampel Umur 7 Hari	Sampel Umur 14 Hari	Sampel Umur 28 Hari	Jumlah
1	Beton	0%	3	3	3	9
2	Beton	10%	3	3	3	9
3	Beton	20%	3	3	3	9
Total Keseluruhan Sampel						27

Benda uji yang telah dibuat akan dilakukan perawatan dengan tujuan untuk

mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang

dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air selama proses hidrasi semen. Setelah beton mengeras selama 24 jam, kemudian cetakan dibuka dan benda uji diberi tanda, lalu direndam ke dalam bak perendaman sesuai dengan umur yang direncanakan. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap benda uji beton berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan. Benda uji yang telah dibuat akan dilakukan perawatan dengan tujuan untuk mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air selama proses hidrasi semen. Setelah beton mengeras selama 24 jam, kemudian cetakan dibuka dan benda uji diberi tanda, lalu direndam ke dalam bak perendaman sesuai dengan umur yang

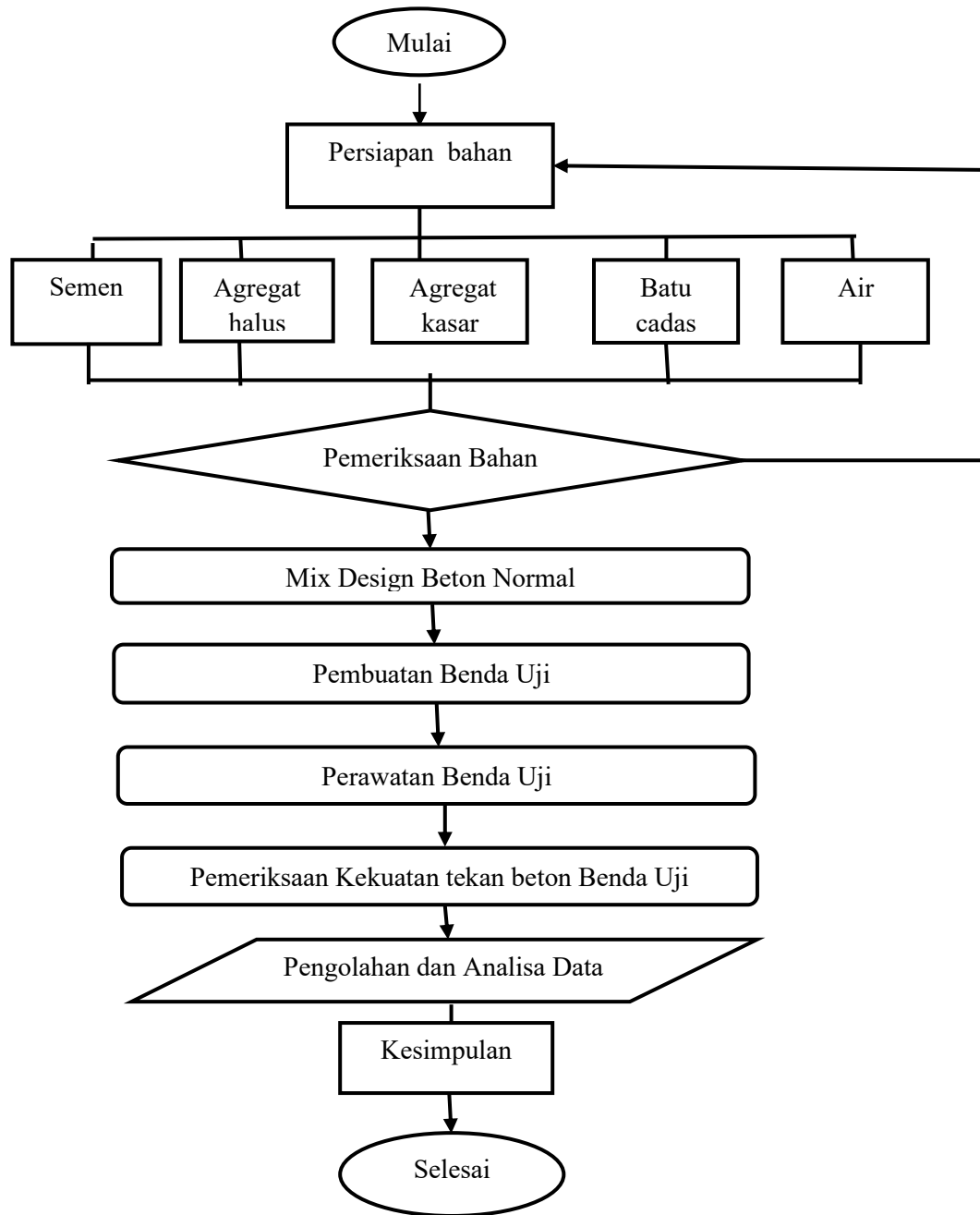
f. , yang diambil dari Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Graha Nusantara.

direncanakan. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap benda uji beton berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah:

- a. Batu cadas (batu trass) berasal dari Desa Paranginan Kecamatan Padang Bolak Kabupaten Padang Lawas Utara.
- b. Semen (*Portland cement*) type I dengan kemasan 50 kg.
- c. Agregat halus (*fine aggregate*) berupa pasir halus.
- d. Agregat kasar (*coarse aggregate*) berupa batu pecah/batu split.
- e. Air, yaitu air bersih yang layak diminum



Gambar. 1 Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3.Berat Isi Agregat Kasar

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel
1	Berat Agregat (W3)	Gr	5950
2	Volume Bejana (V)	cm ³	4410
3	Berat Isi Lepas	gr/cm ³	1,34

Pada pengujian berat isi agregat kasar didapat hasil sebesar 1,34 gr/cm³

Tabel 4. Kadar Air Agregat Kasar

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel
1	Berat Agregat Semula (W1)	Gr	900
2	Berat Agregat Kering Oven (W2)	Gr	875
3	Kadar Air	%	2,86

Pada pengujian kadar air agregat kasar didapat hasil sebesar 2,86 %

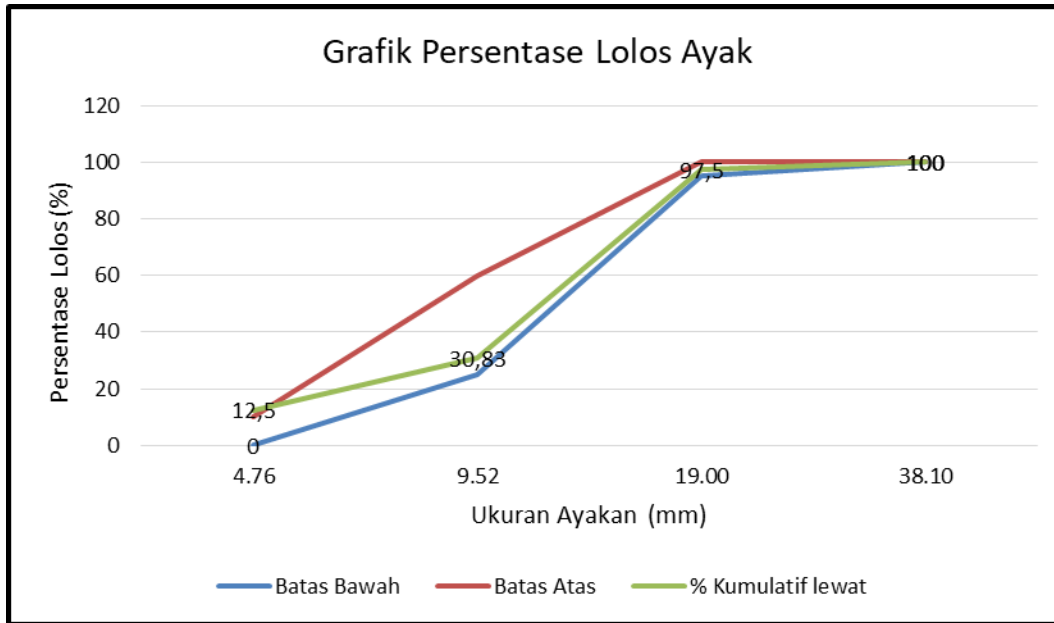
Tabel 5. Hasil Pengujian *Slump*

No.	Jenis Sampel	Tinggi Slump (mm)				Tinggi Slump Rata Rata (mm)
		1	2	3	4	
1	Beton Normal	7,5	7,1	6,8	7,2	7,15
2	Variasi 10%	8,0	7,5	7,6	8,2	7,82
3	Variasi 20 %	8,0	8,1	7,5	7,8	7,85

Tabel 6.Analisa Saringan Agregat kasar

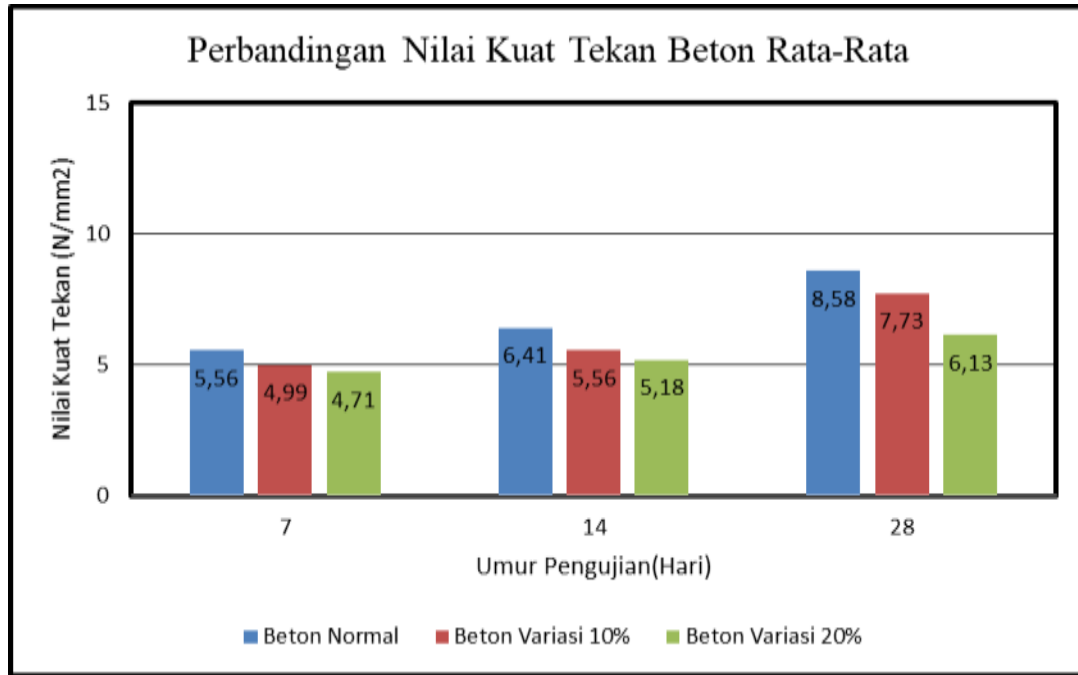
No.	Nomor Saringan	Ukuran Lobang Ayakan		Berat Tertahan (Gr)	Lolos Ayak (Gr)	Jumlah Persen (%)		% Kumulatif Tertahan	% Kumulatif Lewat
		(Inc)	(mm)			Tertahan	Lewat		
1	No. 1.5	1,500	38,100	0	1200,00	0,00	100,00	0,00	100,00
3	No. ¾	0,750	19,100	30	1170,00	2,50	97,50	2,50	97,50
5	No. 3/8	0,375	9,500	800	370,00	66,67	30,83	69,17	30,83
6	No. 4	0,187	4,750	220	150,00	18,33	12,50	87,50	12,50

7	PAN (Sisa)	20		1,66	0,00	89,16	0,00
Jumlah		1200					



Gambar 2. Grafik persentase lolos ayak Agregat Kasar

Dari hasil pengujian dan perhitungan analisa ayak agregat kasar didapat nilai FM = 2.4 %. Dan ukuran maksimum 40 mm. Nilai ini sesuai dengan standar yang berlaku dan layak di gunakan sebagai campuran beton.



Gambar 3. Histogram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton

Pada histogram diatas, dapat diketahui pada saat umur 7 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 5,56 N/mm². Dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 4,71 N/mm². Sedangkan histogram Perbandingan nilai kuat tekan beton silinder gabungan pada umur pengujian 14 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 6,41 N/mm². Dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 5,18 N/mm². Sedangkan histogram Perbandingan nilai kuat tekan beton silinder gabungan pada umur pengujian 28 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 8,58 N/mm². Dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 6,13 N/mm².

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan penelitian Pengaruh Penggunaan Batu Cadas Didaerah Paranginan Kabupaten Padang Lawas Utara Sebagai agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Perbandingan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang ditambahkan batu cadas adalah berada pada nilai kuat tekan beton normal lebih besar dibanding dengan sesudah ditambah batu cadas yang artinya pada hasil beton normal lebih keras dibandingkan dengan beton yang dicampur dengan batu cadas.
2. Pada umur 7 hari nilai kuat tekan beton normal, variasi 10% dan variasi 20% secara berturut turut sebesar 5,56 N/mm², 4,99 N/mm² dan 4,71 N/mm². Pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton beton normal, variasi 10% dan variasi

20% secara berturut turut sebesar 6,41 N/mm², 5,56 N/mm² dan 5,18 N/mm². Pada umur 28 hari nilai kuat tekan beton beton normal, variasi 10% dan variasi 20% secara berturut turut sebesar 8,58 N/mm², 7,73 N/mm² dan 6,13 N/mm².

3. Penggunaan Batu Cadas dengan persentasi cadas 10% dan 20 % tidak mencapai kekuatan sesuai standar yang direncanakan yaitu K-225. Sehingga tidak dapat digunakan sebagai alternatif *split*.

SARAN

- 5.1 Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran untuk penelitian rencana sebagai berikut:

1. Perlunya memilih pasir yang berkualitas baik yang tidak hitam karena akan berdampak kurang bagus dalam campuran beton.
2. Karena kandungan lumpur pada agregat halus yang cukup tinggi pada campuran beton sehingga tidak mencapai kekuatan sesuai standar yang di rencanakan yaitu $f'c$ 18 Mpa atau k-225.
3. Dalam proses penuangan campuran beton segar kedalam cetakan silinder harus dilakukan lebih teliti dengan cara dipadatkan atau ditumbuk secara merata agar tidak menimbulkan pori pori pada beton yang sudah kering.

4. Penelitian ini bisa dijadikan literatur tambahan atau sebagai bahan evaluasi bagi penelitian selanjutnya, dengan harapan pada hasil evaluasi penelitian tersebut nantinya akan lebih baik dari penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- DPU, 1991. SNI-15-1990. "Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal" Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- BSN, 2002, *Tata cara Perhitungan Struktur Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Audrey, B. A., & Kristianto, A. 2024. Pengaruh Metode Perawaan Terhadap Kuat Tekan Batako Dan Paving Block. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 29(2), 321-331.
- Badan Standarisasi Nasional, 1974. Standar Nasional Indonesia: *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta.
- Burhanuddin, M. dan Multakin, E. 1997. Pengaruh Penggunaan Semen Portland dan Batuan Andesit sebagai Filter terhadap Perilaku Campuran Split Mastic Aspal. *Tugas Akhir Penelitian Laboratorium*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Herdiansyah, H., & Pangaribuan, M. R. 2013. Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) sebagai Bahan Pembentuk beton

- terhadap Kuat Tekan Beton. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2): 11-20.
- Ibrahim, M.M. dan Sacla, P. 2019. Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu sebagai Agregat Halus. *Jurnal Teknik Sipil Insititud Teknologi Nasional*. 5,3: 108-117.
- Majid. 2001. *Kajian Kuat Desak beton dengan Menggunakan Trass Alam sebagai Bahan Substitusi Semen (Cemen Replacment)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammdyah Yogyakarta.
- Martanti, A. 2005 “Pengaruh kandungan Lumpur Terhadap Kuat Desak Beton. “
- Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia Jogjakarta
- Murdock, L. J. dan Brook, K.M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga, Jakarta
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Cv. Andi. Yogyakarta
- Prayogo, M., & Kurniawan, T. Pengaruh Heterogenitas Agregat Kasar Terhadap Campuran Beton “ *The Influence Of Coarse Aggregate Heterogeneity To Concrete Mixture*”. Diss.F. Teknik Undip 2007
- Nawy, E. G. 2002. Struktur Beton: Tegangan dan Deformasi. *Jurnal Teknik Sipil Kanada* 29.4. 633-643.