

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH ABU BATU TERHADAP KUAT TEKAN BETON DARI WILAYAH BATU TAMBUN KAB. PADANG LAWAS UTARA DIBANDINGKAN DENGAN PASIR BATU NADUA

Putra Rana Dian 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

Pembuatan konstruksi yang menggunakan abu batu sebagai campuran beton, hasilnya lebih ekonomis untuk digunakan di pabrik bila dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan abu batu. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan pengaruh dan perbandingan kuat tekan beton berbahan abu batu dengan variasi pengganti agregat halus normal untuk pasir Batu Nadua 20 % dan 40 %. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan memanfaatkan abu batu sebagai pengganti sebagian pasir batu nadua pada beton variasi normal 20 % dan 40 %. Dari hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan maka didapat nilai kuat tekan rata-rata pada setiap umur pengujian seperti diketahui pada umur 7 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton variasi 20 % dengan nilai sebesar 6,29 N/mm² dan nilai kuat tekan terendah yaitu kuat tekan beton variasi 40 % dengan nilai sebesar 3,67 N/mm². Sedangkan pada umur 14 hari kuat tekan beton normal yaitu 4,52 N/mm² dan nilai kuat tekan beton variasi 20% yaitu 6,41 N/mm² dan variasi 40% nilai kuat tekan betonnya yaitu 3,77 N/mm². Pada umur pengujian 28 hari kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 4,52 N/mm², Untuk variasi 20% kuat tekan dengan nilai 7,13 N/mm², dan nilai kuat tekan beton variasi 40% yaitu 4,62 N/mm². Kuat tekan beton yang menggunakan abu batu dari Batu Tambun tidak memenuhi standar mutu beton f'c 18.

Kata kunci : abu batu, beton, pasir

PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia saat ini semakin meningkat, banyaknya pembangunan baik gedung, jalan dan jembatan mengakibatkan meningkat pula penggunaan bahan bangunan di Indonesia, khususnya bahan bangunan beton. Beton pada umumnya merupakan bahan bangunan yang mudah dijumpai. Dimana beton terbentuk dari satu kesatuan campuran antara agregat halus maupun kasar, semen, dan air serta ditambah bahan lainnya. Beton pada umumnya memiliki kekuatan tekan yang tinggi, akan tetapi kuat tariknya kecil oleh karena itu beton diperkuat dengan baja tulangan. Menurut Kusdiyono (2011), beton mengandung pasta semen (semen dan air) 25 % - 40 %, agregat (agregat halus dan kasar) 60 % - 75 % dan udara 1 % - 3 %. Adapun tujuan penelitian pada penulisan hasil skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kuat tekan beton abu batu dari wilayah Batu Tambun Kab. Paluta.

2. Menganalisis perbandingan kuat tekan beton abu batu dari wilayah Batu Tambun Kab. Paluta dengan pasir Batu Nadua.
3. Menganalisis perbandingan beton 18 f'c. dengan abu batu wilayah Batu Tambun dan pasir Batu Nadua.

Tinjauan Pustaka

Beton adalah hasil interkasi kimia dan mekanis antara semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah (Mulyono, 2004). Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (2004), beton adalah campuran antara agregat kasar, agregat halus, air dan semen jika perlu serta ditambahkan zat *additive*. Menurut Kusdiyono (2011), beton terdiri dari pasta semen (semen dan air) 25 -40 %, agregat (agregat halus dan kasar) 60-75 % dan udara 13 %. Beton juga digunakan dalam pembuatan jembatan, jalan, dan saluran air karena kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan tinggi (Septianto, dkk. 2023).

Fungsi beton pada beton bertulang adalah untuk memberikan kekuatan tekan dan melindungi tulangan baja (besi tulangan) dari korosi, serta memberikan dukungan struktur terhadap beban vertikal dan horizontal. Tulangan baja, di sisi lain, berfungsi untuk menahan gaya tarik dan memberikan fleksibilitas pada struktur (Hartanto, 2011).

1.1. 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 disintegrasi 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.

1.2. Abu Batu

Abu Batu merupakan agregat buatan yang dihasilkan dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan *stone crusher*. Abu batu yang dipakai diambil dari pengolahan batu pecah atau split di daerah Batu Tambun Kab. Padang Lawas Utara (Paluta).

1.3. 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/cm^2

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.

Tabel 1. Batas – Batas Susunanbutir Agregat Halus

Nomor Ayakan	Persentase Lewat Kumulatif			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4

9,5	100	90- 100	100	100
4,75	90-100	75-100	95-100	95-100
2,36	60-95	55-90	85-100	95-100
1,2	30 - 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0,6	15 - 34	35 – 59	60 - 79	80 – 100
0,3	5 - 20	8 – 30	12 - 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 – 10	0 - 10	0 – 15

Tabel 2. Batas-Batas Daerah Susunan Butir Agregat Kasar Menurut BS 882-1973

No. Ayakan	Presentase Lewat Kumulatif		
	38,1-4,75 mm	19,1-4,75 mm	9,5 - 4,75 mm
76,0	100	-	-
38,1	95 – 100	100	-
19,0	30 – 70	95 - 100	100
9,5	10 – 35	25 - 55	50 - 100
No.4	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam agregat, dinyatakan dalam prosen dan dihitung terhadap berat agregat kering oven.

$$\text{Kadar air} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

W1 = berat agregat keadaan ssd, dalam gram

W2 = berat agregat kering oven, dalam gram

Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata di seluruh penampang. maka, kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

P : Gaya maksimum dari mesin tekan (N)

A : Luas penampang yang diberi tekanan (m²)

f * c' : Kuat tekan (N/m²)

D : Diameter silinder cetakan (15 cm)

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, proses pengujian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Kampus III Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan, ini meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus pengujian kuat tekan beton.

Lokasi Penelitian

lokasi penelitian yang akan dilaksanakan di Kampus III Universitas Graha Nusantara, Sihitang, Kec. Padangsidempuan Tenggara.

Desain Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (flow chart) yang merupakan

pedoman penelitian yang akan dilakukan. Dapat dilihat pada gambar 3.2.

Jumlah Benda Uji

Adapun jumlah pembuatan benda uji yang akan dilakukan pada saat pengecoran. Adalah 27 buah, untuk Beton normal 9 buah, Beton campuran abu batu 20% 9 buah, dan Beton campuran arang kayu 40% 9 buah

Teknik Analisa Data

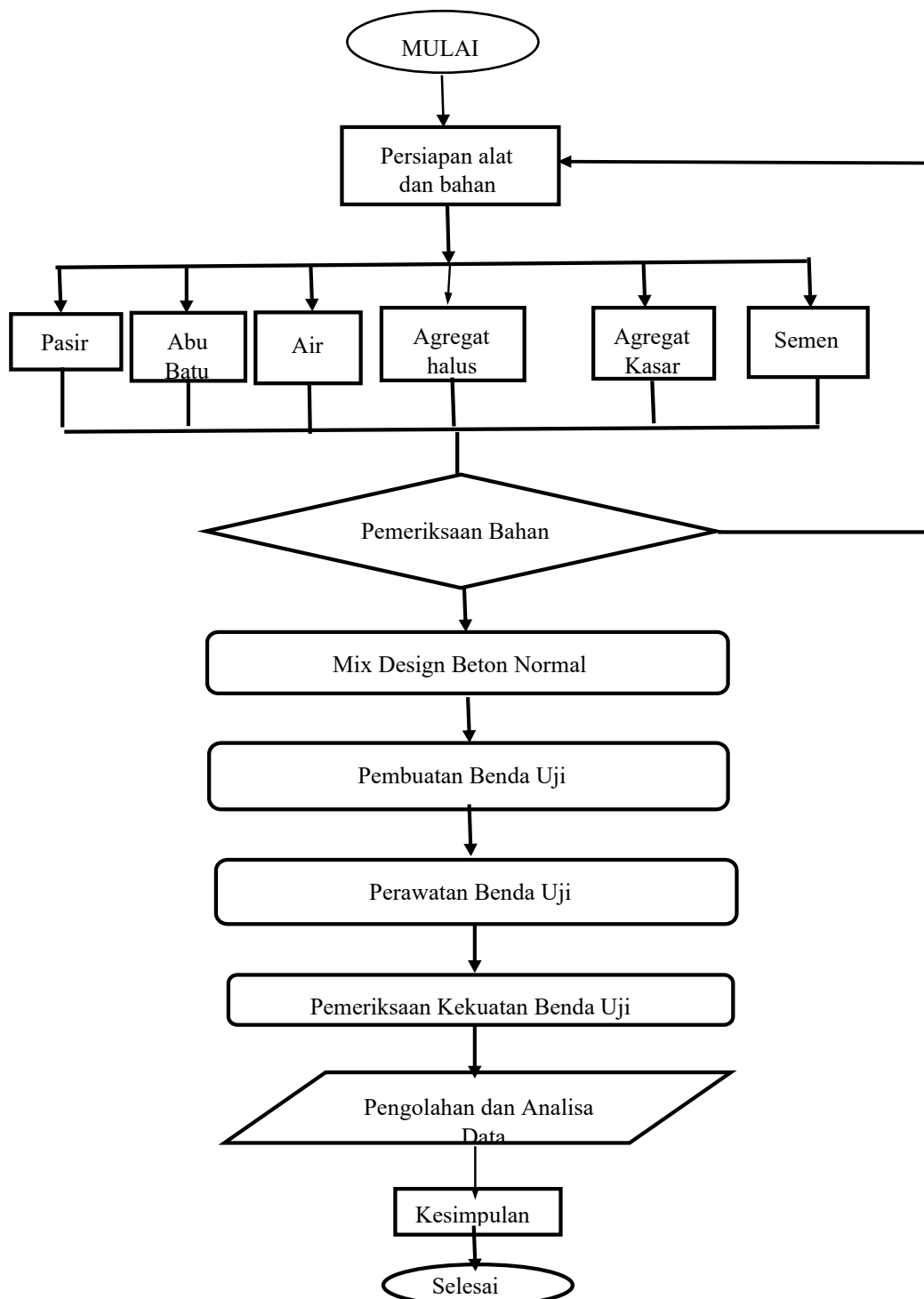
Pengumpulan data ini terbagi menjadi dua, yaitu: data primer dan data sekunder.

Uji Instrumen

Dalam suatu penelitian bahan dan alat haruslah teruji agar memaksimalkan penelitian yang akan dijalankan juga memaksimalkan hasil dari penelitian

Prosedur Penelitian

Penelitian mengenai kuat tekan beton adalah proses yang penting dalam rekayasa sipil dan konstruksi.



Berikut ini hasil campuran beton yang menggunakan abu batu sebagai pengganti agregat kasar. yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Berat Isi Agregat Halus

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel
1	Berat Agregat (W3)	Gr	5400
2	Volume Bejana (V)	cm ³	4410
3	Berat Isi Lepas	gr/cm ³	1,22

Dari pengujian Berat isi Abu batu, agregat halus yang telah dilakukan, didapat hasil pengujian seperti pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4. Tabel Berat Isi Abu Batu

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel
1	Berat Agregat (W3)	Gr	3600
2	Volume Bejana (V)	cm ³	2977
3	Berat Isi Lepas	gr/cm ³	1,209

$$\text{Berat isi agregat halus} = \frac{m}{v} = \frac{3.600}{2977} = 1,209 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil pengujian kadar air dalam abu batu kondisi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Tabel Kadar Air Agregat Halus (Abu Batu)

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel
1	Berat Agregat Semula (W1)	Gr	1900
2	Berat Agregat Kering Oven (W2)	Gr	1800
3	Kadar Air	%	5,26

$$\begin{aligned} \text{Kadar air agregat halus} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{1900 - 1800}{1800} \times 100\% \\ &= 5,56\% \end{aligned}$$

Dari data hasil penelitian diatas kadar air Abu Batu tersebut didapat hasil kadar air abu batu 5,56 %. Hasil ini sesuai dengan standar kadar bina marga, Tata car penentuan beton normal yakni kadar air maksimal 8,9%.

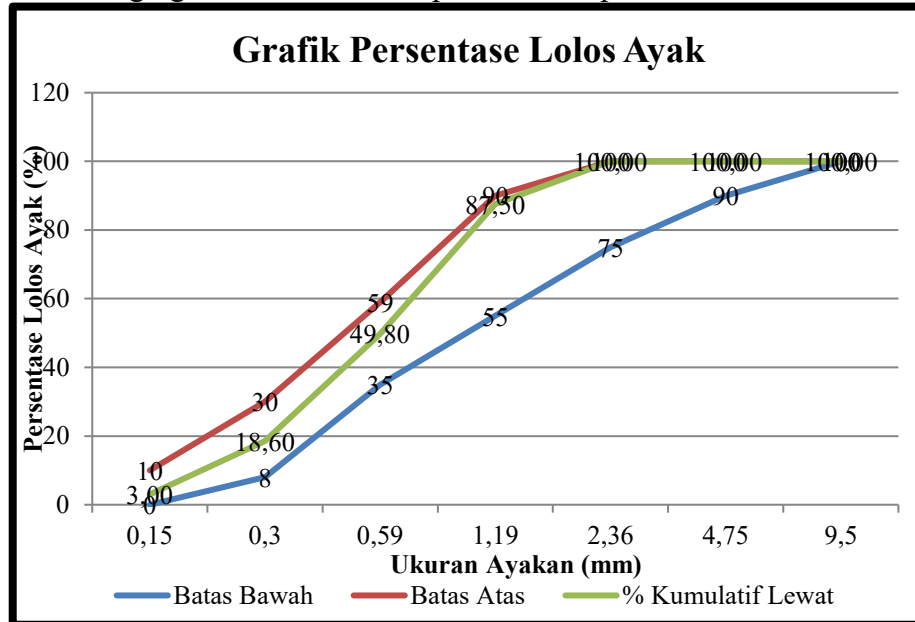
Hasil pengujian kadar air dalam abu batu kondisi dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 6. Tabel Analisa Saringan Agregat Halus (Abu Batu)

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	1,5	38,1	0	1000	0	100	0	100
2	No. ¾	0,75	19,1		1000	0	100	0	100
3	No. 3/8	0,375	9,5		1000	0	100	0	100
4	No. 4	0,187	4,75		1000	0	100	0	100
5	No. 8	0,094	2,36	0	1000	0	100	0	100
6	No. 16	0,047	1,18	125	875	12,5	87,5	12,5	87,5
7	No. 20	0,033	0,85	176	699	17,6	69,9	30,1	69,9
8	No. 30	0,020	0,59	201	498	20,1	49,8	50,2	49,8

9	No. 60	0,010	0,25	312	186	31,2	18,6	81,4	18,6
10	No. 100	0,006	0,15	156	30	15,6	3	97	3
11	No. 200	0,003	0,075	25	5	2,5	0,5	99,5	0,5
12	PAN (Sisa)			5		0,500	0	100	0
Jumlah				1000					

Adapun grafik dari agregat halus tersebut dapat kita lihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Tabel 7. Tabel Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir Batu Nadua)

No.	Pengukuran	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata Rata
1	Volume Pasir	Ml	24,00	23,00	23,5
2	Volume Lumpur	Ml	1,00	1,00	1,00
3	Kadar Lumpur	%	1,79	1,75	1,77

Tabel 8. Tabel 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

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air agregat kasar} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{900 - 875}{875} \times 100\% \\
 &= 2,86 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Kebutuhan Bahan Material f'c 18,6 MPa, (AHSP, 2016)

No	Jenis Bahan	Koefisien	Satuan
1	Semen	371	Kg
2	Pasir	698	Kg

3	Krikil	1047	Kg
4	Air	215	Liter

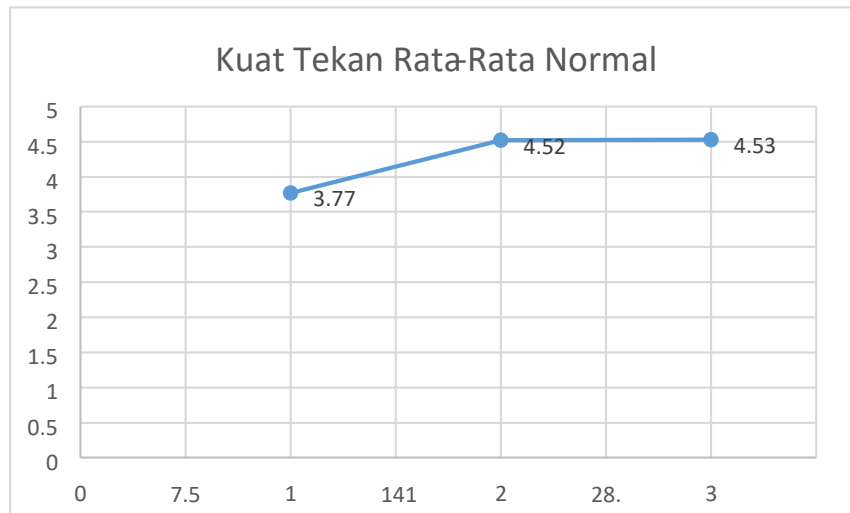
Tabel 10. Kebutuhan Material Campuran Beton

Jenis Sampel	Semen(kg)	Agregat Halus (m ³)	Agregat Kasar (m ³)	Air(L)	Variasi
Normal Umur 7	2,73	4,60	7,13	1,55	-
V 20% Umur 7	2,73	3,68	7,13	1,55	0,23
V 40% Umur 7	2,73	2,76	7,13	1,55	0,50
Normal Umur 14	2,73	4,60	7,13	1,55	-
V 20% Umur 14	2,73	3,68	7,13	1,55	0,23
V 40% Umur 14	2,73	2,76	7,13	1,55	0,50
Normal Umur 28	2,73	4,60	7,13	1,55	-
V 20% Umur 28	2,73	3,68	7,13	1,55	0,23
V 40% Umur 28	2,73	2,76	7,13	1,55	0,50

Tabel 11. Nilai Kuat Tekan Beton Normal Berbentuk Silinder

No	Kode Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal pengujian	Dimensi		Umur	Luas Bidang	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
				L	D				
				(mm)	(mm)	(Hari)	(mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	07 1	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	4,24	3,77
2	07 2	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	4,52	
3	07 3	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	4,81	
4	14 1	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	3,39	4,52
5	14 2	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	3,68	
6	14 3	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	4,24	
7	28 1	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	4,24	4,52
8	28 2	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	4,52	
9	28 3	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	4,81	

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat nilai kuat tekan rata-rata beton normal berbentuk silinder untuk setiap umur pengujian. Adapun grafik nilai kuat tekan rata-rata beton normal berbentuk silinder dapat kita lihat pada Gambar 3. dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal Berbentuk Silinder Terhadap Umur Beton

4.2.1 Pengujian Beton Abu Batu 20%

Dari pengujian beton keras yang telah dilakukan didapat hasil dan nilai pengujian beton keras dengan kuat tekan f_c' seperti Tabel 4.16 berikut ini.

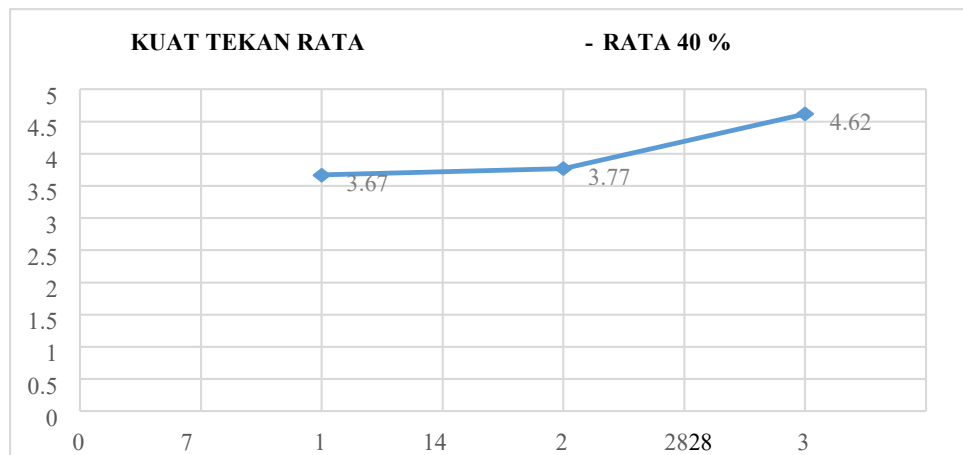
Tabel 12. Nilai Kuat Tekan Beton Variasi 20% Berbentuk Silinder

No	Kode Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal pengujian	Dimensi		umur (Hari)	Luas Bidang (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²)
				L	D				
				(mm)	(mm)				
1	07 1	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	6,34	6,29
2	07 2	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	6,31	
3	07 3	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	6,23	
4	14 1	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	7,13	6,41
5	14 2	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	7,41	
6	14 3	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	6,85	
7	28 1	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	5,66	7,13
8	28 2	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	7,36	
9	28 3	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	6,22	

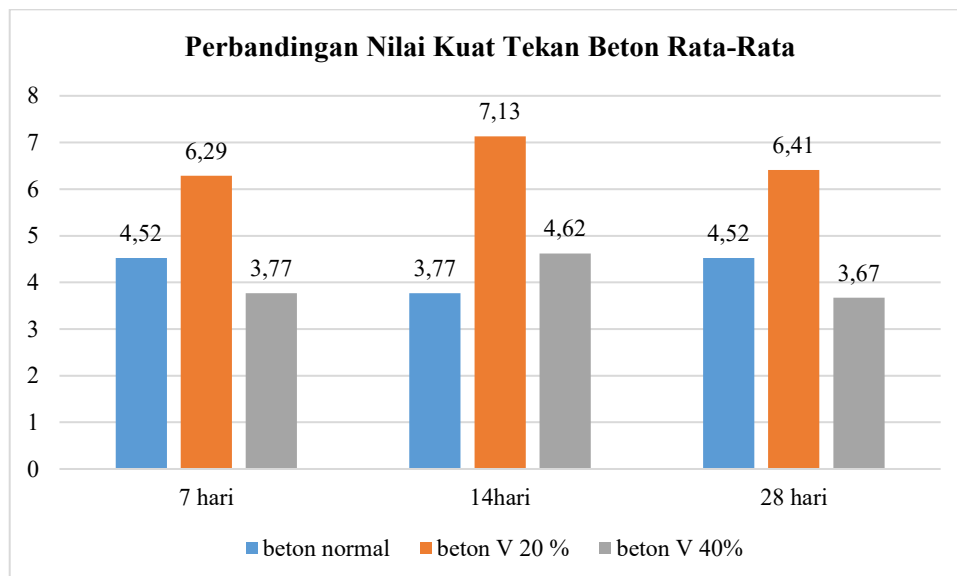
Tabel 13. Nilai Kuat Tekan Beton Variasi 40% Berbentuk Silinder

No	Kode Benda uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal pengujian	Dimensi		umur (Hari)	Luas Bidang (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
				L	D				
				(mm)	(mm)				
1	07 1	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	3,68	3,67
2	07 2	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	3,39	
3	07 3	22/07/2025	29/07/2025	300	150	7	17662,5	4,24	
4	14 1	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	4,24	
5	14 2	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	4,81	3,77
6	14 3	23/07/2025	8/6/2025	300	150	14	17662,5	4,81	
7	28 1	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	3,96	
8	28 2	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	3,39	4,62
9	28 3	25/07/2025	22/08/2025	300	150	28	17662,5	3,68	

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat nilai kuat tekan rata-rata beton normal berbentuk silinder untuk setiap umur pengujian. Adapun grafik nilai kuat tekan rata-rata beton normal berbentuk silinder dapat kita lihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata Beton Variasi 40% Berbentuk Silinder Terhadap Umur Beton



Gambar 5. Histogram Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton

Pada histogram diatas, diketahui pada saat umur 7 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 6,34 N/mm² dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 3,39 N/mm². Sedangkan histogram perbandingan nilai kuat tekan beton kubus gabungan pada umur pengujian 14 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai nilai sebesar 7,41 N/mm² dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton variasi 20% dengan nilai sebesar 6,85 N/mm². Sedangkan histogram

perbandingan nilai kuat tekan beton kubus gabungan pada umur pengujian 28 hari kuat tekan beton terbesar adalah kuat tekan beton normal dengan nilai sebesar 7,36 N/mm² dan nilai kuat tekan terendah adalah kuat tekan beton dengan nilai sebesar 5,66 N/mm².

Kesimpulan :

1. Nilai kuat tekan pada umur 7 hari pada beton normal, variasi 20% an variasi 40% secara berturut turut sebesar 4,52 N/mm², 6,29 N/mm²

dan 3,77 N/mm². Pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton beton normal, variasi 20% an variasi 40% secara berturut turut sebesar 3,77 N/mm², 7,13 N/mm² dan 4,62 N/mm². Pada umur 28 hari nilai kuat tekan beton beton normal, variasi 20% an variasi 40% secara berturut turut sebesar 4,52 N/mm², 6,41 N/mm² dan 3,67 N/mm².

2. Pengaruh Perbandingan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang ditambahkan abu batu adalah berada pada nilai kuat tekan beton normal lebih sedikit dibanding dengan sesudah ditambah abu batu dikarenakan pasir yang digunakan mengandung kadar lumpur yang tinggi oleh karena itu pada hasil beton Variasi 20 % lebih keras dibandingkan dengan beton yang normal.
3. Perbandingan kuat tekan beton menggunakan campuran abu batu Batu Tambun dan Batu Nadua keduanya tidak memenuhi standar mutu beton 18 f^c.

DAFTAR PUSTAKA

- Dalle, M dan A. Wangsa M, (2008) *Pengaruh Abu Batu Terhadap Kualitas Beton*. Diploma thesis, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Hartanto. T ,2011, *Kelebihan dan Kelemahan Penggunaan Beton Bertulang terhadap kayu pada Konstruksi Kuda-Kuda*. Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur .19.13.
- Hidayat, A.A.A (2024), Metode penelitian kebidan dan teknik analisis data. Jakarta : Salemba Medika.
- Idris. M, Trisnawathy, Hisbullah, Yusril. I (2023), *Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Fly Ash Batu Bara sebagai Pengganti Sebagian Semen*.
- Kusdiyono, (2011) , *Bahan Bangunan 2*, PP Polines, Semarang.
- Mulyono, 2004, *Teknologi Beton*, Andi Publishing, Yogyakarta.
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung(PPIUG 1983).
- Pradika, A.G., Hidayat, A.N., Sumirin dan Ahyar, M.R. (2023). *Desain Struktur Gedung (Studi Kasus Bangunan Rumah Sakit 5 Lantai Di Kota Banda Aceh)*. Jurnal Ilmiah Sultan Agung. ISSN : 2963 – 2130. SNI. Specification for aggregates from natural sources for concrete,British Standard 882(1973).
- SNI 15 – 2049 – 2004, *Semen Portland*. SNI 03-6861.1-2002, *Bahan Bangunan Bukan Logam*.
- Sugiono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Satriani dan Bastomi. M (2021), *Tinjauan Kualitas Beton Menggunakan Abu Batu Limbah Stone Crusher Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Halus*. Jurnal Industri Galuh , 3,1 : 31 – 42.
- Septianto.F , Anisah dan Daryati (2023), *Kajian Literatur Karakteristik Beton Dalam Hal Energi Fraktur*. Prosidang Seminar Pendidikan Kejuruan dan Teknik Sipil (E. Journal), Volume 1, 72-76. T-15-1990-03, Mix Design Beton Normal
- Tjokrodinuljo, K., (2004), *Teknologi Bahan Konstruksi*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yuanda, Y. 2011. *Penelitian Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Semen Baturaja, Semen Padang dan Semen Holcim* : Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palembang – ISSN 2089-2950, I (1).
- Yulian. H , Carlo. N ,Khaidir. I (2023), *Pengaruh Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Teknik Sipil, 19. 2 : 322-334.
- Zulfikar, M.A, Sumirin, S., Karlina, R. (2023), *Analisis Aplikasi Beton Ringan pada saluran U-DITCH*. Jurnal Pondasi, 28, 1 : 60 – 69.

