

PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN CAMPURAN BETON

¹ Samuel C. Kindangen, ² Moriss S. S. S. Tumanduk, ³ Titof Tulaka

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Manado

Email; Kindangensamuel@gmail.com

Abstrak

Proyek konstruksi di Indonesia seringkali memilih beton sebagai material utama karena keunggulan efektivitas dan efisiensinya. Salah satu upaya untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi adalah dengan memanfaatkan limbah material yang belum dimaksimalkan penggunaannya. Limbah tersebut dapat diolah sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Salah satu jenis limbah yang dimaksud adalah abu terbang (Fly Ash), yang berasal dari proses pembakaran batu bara di PLTU. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan abu terbang pada beton dan menentukan kadar optimal abu terbang dalam campuran beton tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari dengan menggunakan variasi proporsi abu terbang (Fly Ash) sebanyak 5%, 10%, 20%, dan 40%. Proporsi abu terbang ini ditambahkan berdasarkan jumlah bahan pengikat, kemudian hasilnya dibandingkan dengan beton normal. Penelitian ini mengungkapkan bahwa penambahan abu terbang mempengaruhi kekuatan tekan beton. Pada umur 14 dan 21 hari, beton dengan campuran abu terbang menunjukkan kekuatan tekan lebih rendah dibandingkan beton biasa, namun lebih tinggi pada umur 7 dan 28 hari. Beton dengan campuran 10% abu terbang pada umur 21 hari memiliki kekuatan tekan sebesar 15,5 MPa. Dengan demikian, abu terbang dari PLTU Amurang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam produksi beton nonstruktural.

Kata kunci: Beton, Kuat Tekan, Abu Terbang.

Abstract

Construction projects in Indonesia often choose concrete as the main material because of its superior effectiveness and efficiency. One effort to produce high quality concrete is to utilize waste materials whose use has not been maximized. This waste can be processed as an additional ingredient in the concrete mixture. One type of waste in question is fly ash, which comes from the coal burning process at PLTU. This research aims to examine the effect of adding fly ash to concrete and determine the optimal level of fly ash in the concrete mixture. This test aims to measure the compressive strength of concrete at ages 7, 14, 21 and 28 days using variations in the proportion of fly ash of 5%, 10%, 20% and 40%. The proportion of fly ash is added based on the amount of binder, then the results are compared with normal concrete. This research reveals that the addition of fly ash affects the compressive strength of concrete. At 14 and 21 days, concrete mixed with fly ash showed lower compressive strength than ordinary concrete, but higher at 7 and 28 days. Concrete mixed with 10% fly ash at 21 days has a compressive strength of 15.5 MPa. Thus, fly ash from PLTU Amurang can be used as an additional material in the production of non-structural concrete.

Keywords: concrete, compressive strength, fly ash.

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit yang menggunakan energi gerak dari uap untuk menghasilkan listrik. Komponen utama pembangkit ini termasuk generator, berupa poros yang terhubung dengan turbin, yang beroperasi dengan memanfaatkan energi kinetik dari uap panas atau kering. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

umumnya menggunakan berbagai jenis bahan bakar, terutama batu bara dan minyak. Pada tahap awal operasi atau saat start-up, bahan bakar MFO sering digunakan.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) pertama di Indonesia dibangun pada tahun 1897 di sepanjang Sungai Ciliwung, lebih tepatnya di daerah Gambir.

Pada PLTU ini, proses konversi energi terjadi melalui tiga tahap utama, yaitu:

- a. Energi yang terkandung dalam bahan bakar diubah menjadi panas yang kemudian menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu tinggi.
- b. Energi panas yang dihasilkan dari uap tersebut kemudian diubah menjadi energi mekanik berupa gerakan rotasi.
- c. Selanjutnya, energi mekanik itu dikonversi menjadi energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memanfaatkan uap air sebagai fluida kerja yang beredar dalam sistem tertutup. Siklus tertutup ini berarti fluida yang digunakan adalah fluida yang sama dan digunakan berulang kali. Secara singkat, berikut adalah urutan sirkulasinya:

- a. Isi boiler menggunakan air sampai seluruh permukaan alat penghantar panas sepenuhnya terendam. Di dalam boiler, gas panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang dicampur dengan udara digunakan untuk memanaskan air sehingga berubah menjadi uap.
- b. Uap yang terbentuk di dalam boiler menghasilkan tekanan dan suhu tertentu yang memutar turbin, menciptakan tenaga mekanik dalam bentuk putaran.
- c. Generator yang terhubung langsung dengan turbin yang berputar mengubah gerakan rotasi medan magnet dalam kumparan menjadi energi listrik. Dengan demikian, saat turbin bergerak, keluaran listrik dihasilkan dari generator tersebut.
- d. Setelah uap melewati turbin, uap yang tersisa dialirkan ke kondensor, di mana proses pendinginan dengan air pendingin akan mengubahnya kembali menjadi cairan, yang disebut sebagai air kondensat. Air kondensat tersebut kemudian dimanfaatkan lagi sebagai air umpan untuk boiler, memastikan bahwa siklus ini terus berlanjut tanpa henti.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 2 Amurang yang terletak di Tawaang, Kecamatan Tenga, Kabupaten

Minahasa Selatan, Sulawesi Utara, mulai beroperasi pada tanggal 22 Januari 2018 dan kini menjadi salah satu sumber pasokan listrik untuk sistem kelistrikan di wilayah Sulawesi Utara. Hasil dari proses pembakaran tersebut mengeluarkan limbah yang tidak dapat terurai berupa *fly ash* (Abu terbang).

Fly ash adalah partikel kecil yang terbentuk sebagai hasil dari pembakaran serbuk batu bara. Bahan ini dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan dan kemampuan kerja beton serta mengurangi tingkat permeabilitasnya. Karena *fly ash* mengandung komponen alumina dan silika, maka jika kandungan kalsium pada *fly ash* cukup tinggi maka *fly ash* tersebut dapat bercampur dengan air sehingga membentuk semen. Demikian pula, pencampuran abu terbang dengan kapur dan air menghasilkan zat yang mirip dengan semen Portland.

Fly ash memiliki beragam aplikasi dan kegunaan di sektor komersial dan industri, meskipun *fly ash* dikenal terutama untuk meningkatkan daya tahan dan kemampuan kerja campuran beton. *Fly ash* juga merupakan bahan pengisi cat, perekat, dan komposit logam dan plastik.

Biasanya digunakan sebagai pengisi struktural dalam konstruksi jalan, *fly ash* digunakan dalam pembuatan batu bata, ubin, gipsum, semen Portland, dan semen siap pakai. Bahan bangunan lain yang mungkin mengandung abu terbang meliputi campuran aspal panas, pengisi nat, papan dinding, pipa beton, dan bata beton.

Fly ash atau abu dari hasil pembakaran yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) kini dipandang sebagai bahan yang tidak lagi termasuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun. Perubahan ini terlihat dalam peraturan pelaksanaan Undang-Undang Cipta Kerja, yaitu Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 yang mengatur tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Direktur Jenderal Ketenagalistrikan dari Kementerian ESDM, Rida Mulyana, mengungkapkan bahwa keputusan ini

dibuat setelah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melakukan pengujian independen terhadap abu terbang yang berasal dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

Berdasarkan hasil uji coba, fly ash yang dihasilkan oleh PLTU telah terbakar dengan sempurna, sehingga kandungan karbonnya sangat rendah dan tidak lagi menimbulkan potensi bahaya. Terkait dengan hal ini, berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021, pihak PLTU 2 Amurang mengajak masyarakat untuk memanfaatkan abu terbang sebagai bahan tambahan dalam produksi berbagai material konstruksi, seperti beton, paving, dan batako. Limbah ini nantinya dapat dijual dan berpotensi meningkatkan pendapatan UMKM di sekitar daerah tersebut. Secara umum, pembuatan semen abu terbang lebih ekonomis dibandingkan dengan semen tradisional, menjadikannya pilihan yang menguntungkan bagi produsen beton.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dipilih oleh peneliti sebagai tempat untuk mengumpulkan data yang diperlukan, sehingga penelitian dapat berjalan dengan efektif. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama enam bulan, bertempat di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, dengan jadwal pelaksanaan mulai September 2023 hingga Februari 2024.

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup aspek-aspek berikut:

- Semen Portland tipe I yang diperoleh dari toko bahan bangunan di Kawangkoan digunakan sebagai bahan pengisi dan pengikat dalam campuran. Merek semen yang digunakan adalah Conch dengan berat kemasan 50 kg.
- Agregat halus berupa pasir yang diperoleh dari toko bangunan di Langoan.

- Agregat kasar berupa kerikil dengan ukuran 1-2,5 cm, yang juga didapatkan dari toko bangunan di Langoan.
- Air bersih yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Teknik Sipil di Universitas Negeri Manado.
- Fly ash sebagai bahan tambah diperoleh dari PLTU II Amurang.

3. Peralatan penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup sejumlah instrumen, antara lain:

- Satu Set Saringan
- Timbangan
- Piknometer
- Bejana Silinder
- Oven
- Cetakan Beton
- Mesin Pengaduk beton (*Concrete mixer*)
- Kerucut Abrams
- Mesin Uji Tekan
- Alat bantu lainnya.

4. Variable Penelitian

Penelitian ini meneliti kekuatan tekan beton pada usia 28 hari. Perancangan campuran beton dilakukan menggunakan metode ACI. Variabel-variabel yang digunakan dalam pengujian tercantum dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Variable Penelitian

Kode Sampel	Variasi Penggunaan fly ash (%)	Uji Kuat Tekan			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
B0	0	3	3	3	3
B5	5	3	3	3	3
B10	10	3	3	3	3
B20	20	3	3	3	3
B40	40	3	3	3	3
Jumlah benda uji (buah)		15	15	15	15

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Berikut ini adalah kajian mengenai bahan yang digunakan dalam proses pembuatan beton, yang telah dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado.

a. Pemeriksaan Bahan Semen

Tabel 1.2. Pemeriksaan Karakteristik Semen

No	Uraian	Satuan	Hasil	Persyaratan
1	Berat jenis		3,2	3,0 - 3,2
2	Kekakuan bentuk dengan kue rebus		retak retak	mengalami retak
3	Waktu pengikatan, dengan alat Vicat - Pengikatan awal - Pengikatan akhir	Menit	100	min 45
		Menit	165	maksimum 375
4	Kuat tekan :			
	umur : 3 hari	kg/cm ²	127,76	min 125
	Umur : 7 hari	Kg/Cm2	200,42	min 200
	Umur : 28 hari	Kg/Cm2	250,39	minimum 250

b. Hasil Pengujian Agregat kasar dan halus

Berdasarkan hasil pengujian, agregat kasar dari PT. Marga Dwitaguna Camp Tomohon tidak memenuhi batas maksimum kadar lumpur yang diizinkan sesuai dengan standar SNI 03-1997-1996, yaitu 5%. Selain itu, kadar lumpur agregat halus dari Amurang juga tidak sesuai dengan spesifikasi maksimum yang diijinkan oleh SNI 03-4142-1996, yaitu 1%, seperti terlihat pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat kasar dan agregat halus

No.	Uraian	Nilai	Syarat	Acuan
Agregat Halus				
1.	Kadar Air	0,3 %	Maksimal 5%	SNI 03-1997-2011
2.	Kadar Lumpur	0,145 %	Maksimal 5%	SNI 03-1997-1996
3.	Berat Jenis & Penyerapan Air	1,75 gr 2,04 %	1,6 gr - 3,2 gr 0,2 - 2 %	SNI 1970-2008
4.	Berat Volume Padat	1410,963347 kg/m ³	400 kg/m ³ - 1900 kg/m ³	SNI 03-1973-2008
5.	Modulus Kekakuan	1,35 %	1,5% - 3,80%	SK SNI 504-1989-F
Agregat Kasar				
1.	Kadar Air	1,028 %	0,5% - 2%	SNI 03-1971-1990
2.	Kadar Lumpur	0,95 %	Maksimal 1%	SNI-04-4142-1996
3.	Berat Jenis & Penyerapan Air	2,82 gr 0,84% %	1,6 gr - 3,2 gr 0,2 - 2 %	SNI 1970-2008
4.	Berat Volume Padat	1539,17 kg/m ³	400 kg/m ³ - 1900 kg/m ³	SNI 03-1973-2008
5.	Modulus Kekakuan	6,28 %	5% - 8%	SK SNI 504-1989-F

c. Perkiraan Kebutuhan air

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm ^a	12,7 mm ^a	19 mm ^a	25 mm ^a	37,5 mm ^a	50 mm ^a	75 mm ^a	150 mm ^a
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 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

d. Rasio Air Semen

Berikut ini adalah perbandingan air-semen yang dipakai untuk beton dengan kuat tekan f'c sebesar 23 MPa.

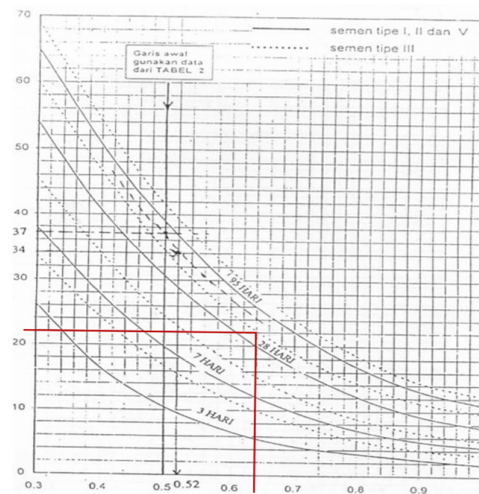
Tabel 1.4. Hubungan Rasio Air Semen

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	0,60
15	0,79	0,70

Diketahui x = 24 Mpa, x1 = 25, x2 = 20, y1 = 0,61, y2 = 0,69

$$y = y1 + ((x - x1) / (x2 - x1)) \times (y2 - y1)$$

$$y = 0,61 + ((24-25) / (20-25)) \times (0,69-0,61) = 0,642$$



Gambar 1.1. garis hubungan Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen

e. Banyaknya kadar air semen =
$$\frac{\text{Banyak air}}{\text{Rasio Air Semen}} = \frac{190}{0,642} = 295,95$$

(0,642 merupakan hasil dari standar deviasi)

Tabel 1.5. Perbandingan Berat Campuran Per 1 m3 Kedua Metode

Uraian	Berdasarkan perkiraan berat material (kg)	Berat perkiraan volume absolut material (kg)
Air (berat bersih)	190	190
Semen	326,46	326,46
Agregat kasar (Kering)	1209,79	1233,79
Agregat halus (Kering)	653,94	693,18

f. Rekap kebutuhan material campuran beton

Mutu Perencanaan (f'c) (Mpa)	Variasi bahan tambahan	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu Pecah 1/2 (kg)	Air (kg)	Fly ash (kg)
17	0%	4,5	9,565	17,026	2,06	0
17	5%	4,5	9,565	17,026	2,06	0,225
17	10%	4,5	9,565	17,026	2,06	0,45
17	20%	4,5	9,565	17,026	2,06	0,9
17	40%	4,5	9,565	17,026	2,06	1,8

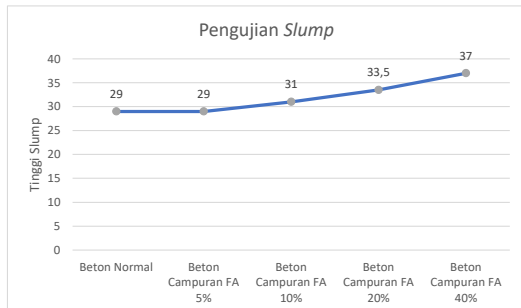
g. Pengujian Slump

Tabel 1.6. menunjukkan hasil pengujian slump tiap sampel dari variasi penambahan 5%, 10%, 20%, dan 40%.

Tabel 1.6 Pengujian *Slump*

Variasi	Tinggi Slump	Rata-rata
Beton Normal	28	30
Beton Campuran FA 5%	29	29
Beton Campuran FA 10%	27	35
Beton Campuran FA 20%	31	36
Beton Campuran FA 40%	39	35

Gambar 1.2 menunjukkan semakin tinggi presentase penambahan abu terbang maka nilai *Slump* yang dihasilkan semakin bertambah.



Gambar 1.2. Grafik Pengujian *Slump*

h. Pengujian Kuat Tekan Beton

Uji kekuatan tekan beton dilakukan untuk membandingkan daya tekan beton normal dengan beton yang ditambahkan abu terbang pada variasi proporsi 5%, 10%, 20%, dan 40%. Pengujian dilakukan pada beton yang berumur 7, 14, 21, dan 28 hari. Kekuatan beton pada usia-usia tersebut dapat disesuaikan menjadi setara dengan usia 28 hari menggunakan faktor konversi yang tercantum dalam peraturan beton bertulang 1971 (PBI, 1971), Hal ini dapat ditemukan pada Tabel 1.7 di bawah ini.

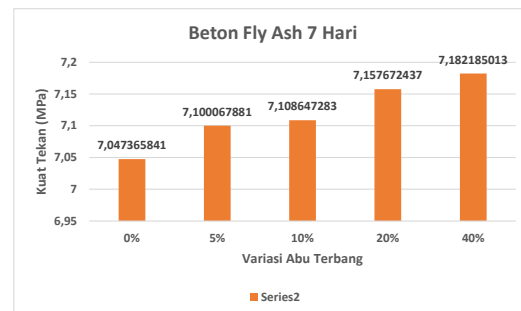
Tabel 1.7. Faktor Konversi beton Berbagai Umur

Umur	FK _v
3	0,4
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1

Hasil pengujian kekuatan tekan pada usia 7 hari telah dikoreksi untuk usia 28 hari dengan cara membagi nilai uji kuat tekan yang diperoleh menggunakan faktor konversi 0,65. Data ini dapat ditemukan pada Tabel 1.7 di bawah ini.

Tabel 1.8. Kuat tekan beton umur 7 hari

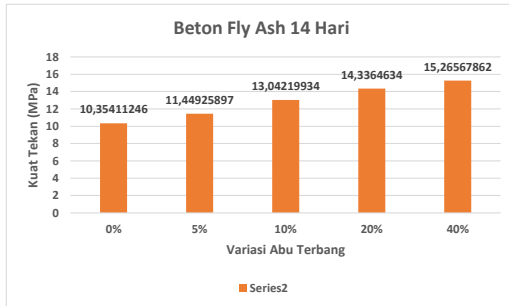
Proporsi FA	Berat kg	Luas mm ²	Beban Ton	Kuat Tekan Mpa * (0,65)	Kuat Tekan Rata - Rata Mpa	Kuat Tekan Rata - Rata Kg/cm ²
0%	11,6	17671,5	18,7	10,58	7,047366	71,86198948
	11,6	17671,5	18,9	10,69		
	11,6	17671,5	19,9	11,26		
5%	11,5	17671,5	22,2	8,16	7,100068	72,39939218
	11,5	17671,5	21,8	12,33		
	11,5	17671,5	21,7	12,28		
10%	11,5	17671,5	20,3	11,48	7,108647	72,48687634
	11,4	17671,5	19,8	11,20		
	11,4	17671,5	17,9	10,13		
20%	11,8	17671,5	17,6	9,96	7,157672	72,98678584
	11,6	17671,5	20	11,31		
	11,6	17671,5	20,8	11,77		
40%	11,6	17671,5	19,5	11,03	7,182185	73,23674058
	11,8	17671,5	19,9	11,26		
	11,8	17671,5	19,2	10,86		



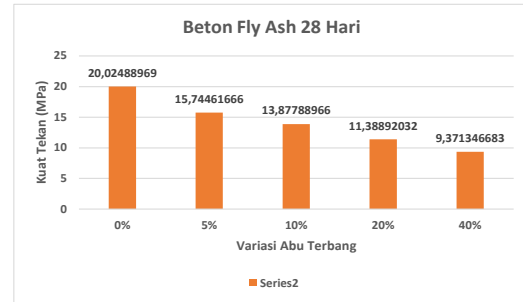
Gambar 1.3. Grafik kuat tekan beton umur 7 hari

Tabel 1.9. Kuat tekan beton umur 14 hari

Proporsi FA	Berat kg	Luas mm ²	Beban Ton	Kuat Tekan Mpa * (0,88)	Kuat Tekan Rata - Rata Mpa	Kuat Tekan Rata - Rata Kg/cm ²
0%	11,8	17671,5	22	12,44	10,35411	105,5808847
	11,6	17671,5	20,7	11,71		
	11,6	17671,5	19,7	11,14		
5%	11,6	17671,5	22,9	12,95	11,44926	116,7480937
	11,6	17671,5	23,7	13,41		
	11,6	17671,5	22,4	12,67		
10%	11,5	17671,5	25,8	14,59	13,0422	132,9913067
	11,4	17671,5	26,9	15,22		
	11,4	17671,5	25,9	14,65		
20%	11,6	17671,5	30	16,97	14,33646	146,1889173
	11,4	17671,5	28,9	16,35		
	11,4	17671,5	27,5	15,56		
40%	11,5	17671,5	29,2	16,52	15,26568	155,6641249
	11,6	17671,5	33	18,67		
	11,6	17671,5	29,8	16,86		



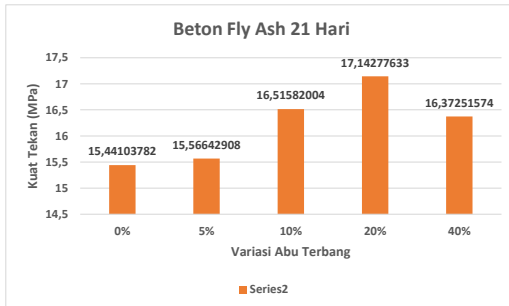
Gambar 1.4. Grafik kuat tekan beton umur 14 hari



Gambar 1.6. Grafik kuat tekan beton umur 28 hari

Tabel 1.9. Kuat tekan beton umur 21 hari

Proporsi FA	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata	
	kg	mm2	Ton	Mpa * (0,95)	Mpa	Kg/cm2
0%	11,2	17671,5	27,3	15,44	15,44104	157,4522627
	11,2	17671,5	29,8	16,86		
	11,2	17671,5	29,1	16,46		
5%	11,9	17671,5	27,9	15,78	15,56643	158,7308774
	11,9	17671,5	29,2	16,52		
	11,9	17671,5	29,8	16,86		
10%	11,3	17671,5	30,8	17,42	16,51582	168,4118169
	11,5	17671,5	29,7	16,80		
	11,5	17671,5	31,7	17,93		
20%	11,5	17671,5	29,9	16,91	17,14278	174,8048903
	11,5	17671,5	33,7	19,06		
	11,5	17671,5	32,1	18,16		
40%	11,2	17671,5	30,9	17,48	16,37252	166,950543
	11,3	17671,5	29,5	16,69		
	11,3	17671,5	31	17,54		



Gambar 1.5. Grafik kuat tekan beton umur 21 hari

Tabel 1.10. Kuat tekan beton umur 28 hari

Proporsi FA	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata	
	kg	mm2	Ton	Mpa	Mpa	Kg/cm2
0%	11,6	17671,5	34,8	19,69	20,02489	204,1938002
	11,6	17671,5	35,7	20,19		
	11,6	17671,5	35,7	20,19		
5%	11,5	17671,5	28,1	15,90	15,74462	160,5478561
	11,5	17671,5	27,7	15,67		
	11,5	17671,5	27,7	15,67		
10%	11,3	17671,5	24,2	13,69	13,87789	141,5128408
	11,6	17671,5	24,5	13,86		
	11,6	17671,5	24,9	14,09		
20%	11,3	17671,5	20,1	11,37	11,38892	116,1328205
	11,1	17671,5	21	11,88		
	11,1	17671,5	19,3	10,92		
40%	11,3	17671,5	15,1	8,54	9,371347	95,55962213
	11,3	17671,5	16,3	9,22		
	11,3	17671,5	18,3	10,35		

i. Pembahasan

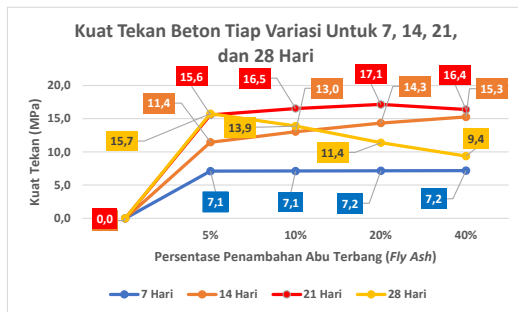
Uji kuat tekan beton bertujuan untuk mengukur kapasitas maksimum beban yang dapat ditahan oleh beton. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan tekan antara beton biasa dan beton yang menggunakan bahan tambahan fly ash, dengan variasi persentase 5%, 10%, 20%, dan 40% dari total berat semen.

Pada Tabel 4.28, terlihat bahwa nilai kuat tekan yang digunakan merupakan rata-rata hasil uji kuat tekan beton yang dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28, yang telah diubah sesuai dengan konversi yang tertera pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11. hasil pengujian kuat tekan beton

Beton	Kuat Trekan (Mpa)			
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari
Normal	7,05	10,35	15,44	20,02
Campuran FA 5%	7,10	11,45	15,57	15,74
Campuran FA 10%	7,11	13,04	16,80	13,88
Campuran FA 20%	7,16	14,34	17,14	11,39
Campuran FA 40%	7,18	15,27	16,37	9,37

Gambar 1.7. Menunjukkan rata-rata hasil penelitian beton normal dengan penambahan abu terbang (*Fly ash*) dengan variasi 5%, 10%, 20%, 40%. Kuat tekan beton dengan proporsi penambahan abu terbang 40% di 14 hari memiliki nilai yang paling optimum dibandingkan dengan abu terbang yang lain yaitu 20,08 Mpa.



Gambar 1.7. Grafik Perbandingan Rata – Rata Kuat Tekan

Pengaruhnya dapat diukur dengan membandingkan perbedaan antara kekuatan tekan beton biasa dan beton yang ditambahkan abu terbang (Fly Ash). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada proporsi 20% pada hari ke-21, terjadi peningkatan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan variasi dan hari lainnya. Penurunan ini dikarenakan agregat kasar yang di ambil dari PT. Marga Dwitaguna Camp Tomohon tidak memenuhi spesifikasi gradasi agregat kasar pada SNI 7656 : 2012.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berkenaan dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan, hasil uji kuat tekan pada beton normal dan beton yang ditambahkan variasi abu terbang (Fly Ash) sebesar 5%, 10%, 20%, dan 40% dari total berat semen menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis, dapat dilihat bahwa campuran beton dengan abu terbang mendapatkan nilai sesuai dengan perencanaan awal kekuatan beton yaitu 17 Mpa dan tidak dapat melebihi kekuatan beton 20 Mpa.
- Beton yang mengandung campuran abu terbang (fly ash) dengan kuat tekan mencapai 17 Mpa dapat diterapkan untuk keperluan beton non-struktural.

2. Saran

Berdasarkan temuan dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal

yang perlu diperbaiki sebagai pedoman dan referensi untuk penelitian selanjutnya agar dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal. Beberapa saran untuk penelitian berikutnya meliputi:

- Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan alat penggetar campuran beton agar gelembung udara di dalam campuran beton dapat naik ke permukaan, dan mengganti material agregat kasar dan halus agar mutu beton dapat mencapai kekuatan lebih dari 20 Mpa.
- Beton campuran *fly ash* dari hasil penelitian dapat digunakan untuk campuran dalam pencetakan paving block dan kanstin. Hal ini juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan UMKM masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan M. 2019, Penambahan *Fly Ash* Sebagai Bahan Campuran Beton Normal. Jurnal : 2-3
- Kevin L. 2017. Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Beragregat Halus *Bottom Ash*, Universitas Lampung Bandar Lampung
- Suamita I. 2011, Kuat Tekan Beton Dengan Aditif *Fly Ash*. Jurnal Smartek, Vol. 9 : 2-3
- Manganta, M., & Amir, M. (2018). Studi Penggunaan Semen Conch Untuk Beton Mutu Sedang. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/viewFile/733/622>.
- Nawy, E. G. (1998). Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. PT. Refika Aditama.
- SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. BSN.
- SNI 03-1972-1990. (n.d.). Metode Pengujian Slump Beton. BSN.
- SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200. BSN.
- SNI 03-4428-1997. Metode pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang

- Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir. *BSN*.
- SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat. *BSN*.
- SNI 03-6821-2002. Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding. *BSN*.
- SNI 1969 : 2016. Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Udara Agregat Kasar. *BSN*.
- SNI 1970 : 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *BSN*.
- SNI 1971 : 2011. Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. *BSN*.
- SNI 1974 : 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan benda Uji Silinder. *BSN*.
- SNI 7656 :2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *BSN*.
- SNI ASTM C136 : 2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. *BSN*.