



PENAMBAHAN *FLY ASH* PADA BETON BERBAHAN TAMBAH SP 1,5%

Trio Aldy Ilhamsaid

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, Kota Tarakan, Kalimantan Utara

e-mail: alditrio4@gmail.com

ABSTRACT : Numerous research and experiments in the field of concrete have been conducted, aiming to achieve high-quality concrete by enhancing the quality of its constituent materials, such as the hardness of aggregates and the fineness of cement. Concrete quality improvement can be achieved by incorporating partial cement replacement materials, such as fly ash, and chemical additives, including superplasticizers. The primary objective of this study is to determine the optimal concrete mix ratio and assess the compressive strength of concrete utilizing superplasticizers and fly ash. At 28 days of age, the maximum compressive strength was achieved in concrete with a 15% fly ash mix, yielding 406 kg/cm², compared to standard concrete with 0% fly ash, which had a compressive strength of 379 kg/cm². The compressive strength for a 5% fly ash mix was 356 kg/cm², and for a 10% fly ash mix, it was 383 kg/cm². This study demonstrates that concrete with a 15% fly ash substitution at 28 days of age produces higher compressive strength than 5% and 10% fly ash substitutions. There was a 1.09% increase in compressive strength for the 10% fly ash variation and a 7.29% increase for the 15% fly ash variation. From the results obtained, the most optimal variation was the 15% fly ash substitution for the compressive strength of concrete at 28 days of age.

Kata kunci : Concrete, Fly ash, Compressive Strength, Superplasticizer

ABSTRAK : Beberapa riset dan eksperimen di bidang beton telah banyak dilakukan salah satu upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi itu adalah dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan semen. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan pengganti sebagian semen, diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*) dan bahan tambah kimia diantaranya *superplasticizer*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbandingan campuran beton dan mengetahui besar kuat tekan beton yang telah menggunakan zat kimia *superplasticizer* dan *fly ash*. pada umur 28 hari Kuat tekan maksimum dicapai pada beton dengan campuran *fly ash* 15% sebesar 406 kg/cm², sedangkan beton normal 0% kuat tekan beton sebesar 379 kg/cm², untuk campuran *fly ash* 5% kuat tekan beton sebesar 356 kg/cm² dan campuran *fly ash* 10% kuat tekan beton sebesar 383 kg/cm². Dari penelitian ini beton yang diberi abu terbang sebanyak 15% pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan substitusi *fly ash* 5%,10%, Terjadi peningkatan kuat tekan beton sebesar 1,09% pada variasi BFA 10%, peningkatan kuat tekan beton sebesar 7,29% pada variasi BFA 15%. Dari hasil yang dilakukan dari tiga variasi menggunakan *fly ash* dalam beton didapat variasi yang paling optimum berada pada substitusi *fly ash* 15% pada kuat tekan beton umur 28 hari.

Kata Kunci : Beton, *Fly ash*, Kuat Tekan, Superplasticizer

1. PENDAHULUAN

Beberapa riset dan eksperimen di bidang beton telah banyak dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitasnya. Pengaruh *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas (Setiawati & Rivai, 2017) yang dihasilkan dalam proses hidrasi

semen oleh silika yang terkandung dalam *fly ash* (Ariyani & Laila, 2013 dalam Saputro, 2008). Teknologi material dan metode implementasi yang diperoleh dari penelitian dan eksperimen dimaksudkan untuk memberikan solusi terhadap kendala yang dihadapi selama kerja lapangan.

Menurut SNI 2460 tahun 2014, abu terbang (*fly ash*) adalah residu halus yang dihasilkan dari pembakaran atau pembubukan batu bara dan ditransportasikan oleh aliran udara panas. Beberapa unsur-unsur yang terkandung dalam *fly ash* adalah oksida Si, Al, Fe, dan Ca sebesar 95-99% dan Na, P, K, dan S sebesar 0,5-3,5% (Ghorai dkk, 2015). Selain itu, *fly ash* juga diindikasikan mengandung logam-logam berat bersifat toksik seperti Pb, Cr, Cu, Ni, dan Cd (Danielowska, 2006). Namun dalam bagian penjelasan Pasal 459 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, *fly ash* dari hasil pembakaran batu bara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan temperatur tinggi sekitar 1400°C tidak termasuk sebagai limbah B3. Pada tahun 2021, pemerintah memperkirakan terdapat 17 juta ton *fly ash* dan bottom ash (FABA) dan pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 49 juta ton, yang dihasilkan dari PLTU di seluruh Indonesia. Oleh karena itu dengan berlakunya peraturan pemerintah ini, perlu diimbangi pemanfaatan *fly ash* semaksimal mungkin, khususnya sebagai substitusi semen, sehingga produksi semen juga dapat dikurangi.

Upaya menghasilkan beton bermutu tinggi antara lain dengan meningkatkan mutu bahan-bahan penyusunnya, seperti kekerasan agregat dan kehalusan semen. Mutu beton dapat ditingkatkan dengan menyediakan sebagian bahan pengganti semen, termasuk *fly ash* dan bahan tambahan kimia termasuk superplasticizer. Sifat pozzolan pada *fly ash* adalah karena dalam kandungan bahan kimianya terdapat silika serta alumina yang membantu meningkatkan sifat ikat *binder* (Hertianisya & Prasetya, 2023).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membandingkan campuran beton dan menentukan kuat tekan beton yang menggunakan bahan kimia. superplasticizer dan abu terbang. *Fly ash* merupakan pengganti sebagian semen dan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai penambahan superplasticizer dan *fly ash* pada campuran beton dalam pengembangan teknologi beton.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan adalah dengan cara membuat benda uji di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Borneo Tarakan, kemudian sampel tersebut diuji kuat tekan pada umur sampel beton 28 hari. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kuat tekan beton dengan menggunakan bahan tambah yaitu abu terbang dan superplasticizer. Agar mencapai hasil penelitian yang secara maksimal maka diurutkan metode penelitian sebagai berikut.

1. Pengumpulan literatur sehubungan dengan topik penelitian
2. Persiapan bahan yang digunakan
3. Pemeriksaan bahan
4. Perencanaan campuran (mix design)
5. Pembuatan benda uji
6. Pelaksanaan perawatan (curing)
7. Pengujian kuat tekan
8. Pengolahan data.

Dari hasil penelitian ini diharapkan untuk mendapatkan perbandingan campuran beton dan mengetahui besar kuat desak beton yang telah menggunakan zat kimia superplasticizer dan *fly ash*.

2.2. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada pengolahan rancangan campuran beton dengan bahan tambah *fly ash* mengacu pada SNI 7656-2012 dan Pd 14-2018-B. Adapun prosedur pelaksanaannya sebagai berikut:

1. Langkah pertama dalam merencanakan campuran beton adalah menentukan kebutuhan beton yang direncanakan dan menghitung kebutuhan bahan penyusun beton tersebut. Tahapannya adalah sebagai berikut:
 - a. Menentukan kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur rencana yang telah ditetapkan. Adapun desain campuran yang akan dilaksanakan berdasarkan mutu beton K-250.
 - b. Menghitung nilai simpangan baku (S_r), dimana nilai simpangan baku diketahui berdasarkan ukuran pekerjaan dan mutu pekerjaan beton.
 - c. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan : $f'_{cr} = f'_c + M$ Kuat tekan rerata = Kuat tekan diisyaratkan + Margin
 - d. Jenis semen yang boleh digunakan untuk penggunaan *fly ash* hanya Portland Type I (Pd 14-2018-B).
 - e. Tentukan jenis agregat kasar dan halus yang digunakan.
 - f. Menentukan rentang nilai slump.
 - g. Menentukan pemilihan rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen menggunakan Tabel 3 SNI 7656-2012.
 - h. Memperkirakan kebutuhan air pencampur.
 - i. Pemilihan kadar udara.
 - j. Menghitung berat air semen yang disyaratkan sesuai dengan pilihan rasio air-semen dan syarat air pencampur.
 - k. Menentukan volume absolut untuk bahan-bahan bersifat semen, kadar air, dan kadar udara dari data yang diperoleh.
 - l. Menentukan ukuran agregat maksimum yang akan digunakan.
 - m. Menghitung kebutuhan bahan bersifat semen.
 - n. Tentukan persentase semen dan abu dalam campuran beton.
 - o. Menentukan komposisi granulometri butir agregat halus dengan melihat Tabel 6 SNI 7656-2012.
 - p. Tentukan persentase agregat halus yang digunakan.
 - q. Untuk mengetahui susunan besar butir agregat kasar dapat digunakan tabel 5. SNI 7656-2012.
 - r. Perhitungan berat jenis relatif (agregat kering permukaan)
 - s. Hitunglah berat beton tersebut.
 - t. Hitunglah isi agregat total, isi agregat halus dan isi agregat kasar.
2. Setelah melakukan perhitungan dan memperoleh persyaratan masing-masing material penyusun beton, dilakukan trial mix hasil perhitungan bahan (teoritis). Selama proses trial mix, dilakukan pengamatan terhadap beton segar yang terbentuk. Apabila beton segartelah memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka dapat dilakukan pembuatan spesimen benda uji. Apabila belum memenuhi kriteria beton segar yang diharapkan, maka proses dilanjutkan ke poin (3).
3. Apabila beton tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk beton segar, ada 2 pilihan tindakan selanjutnya yang harus dilakukan:
 - a. Perubahan persyaratan material dilakukan dengan menambahkan atau menghilangkan material penyusun beton selama batch pengujian untuk memastikan beton segar memenuhi kriteria yang ditentukan.
 - b. Jika untuk mencapai kinerja beton segar yang diinginkan perlu menambahkan bahan tambahan kimia ke dalam campuran beton, maka bahan tambahan kimia tersebut harus ditambahkan dalam dosis yang dianjurkan oleh pabrikan. Melakukan penyesuaian kebutuhan material setelah penambahan bahan tambahan kimia sebagai hasil perhitungan modifikasi campuran.
 - c. Apabila beton telah memenuhi persyaratan beton segar maka proses dilanjutkan ke poin (4).
4. Melakukan pembuatan spesimen benda uji
5. Melakukan pengujian spesimen benda uji. Apabila spesimen tidak memenuhi persyaratan beton keras, dalam hal ini dari kuat tekan yang disyaratkan, maka proses diulangi kembali pada poin (1) pada proses penentuan nilai rasio air semen. Apabila spesimen telah memenuhi persyaratan beton keras, maka proses perencanaan beton dengan menggunakan abu terbang selesai dilaksanakan.

2.3. Kebutuhan Benda Uji

Setelah melakukan pengujian terhadap material yang akan dipakai selanjutnya yaitu tahap pembuatan benda uji yang berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan membuat mix design yang mengacu pada (SNI 03-2834- 2000). Benda uji akan di buat sebanyak 10 di setiap variasi persentase penambahan *fly ash* dan superplasticizer untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, sehingga jumlah keseluruhan sampel sebanyak 30 buah, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 jumlah benda uji

| NO | Benda Uji | Jumlah |
|----|--------------------|--------|
| 1. | BFA5%(Variasi 1) | 10 |
| 2. | BFA10% (Variasi 2) | 10 |
| 3. | BFA15% (Variasi 3) | 10 |
| | Jumlah benda uji | 30 |

2.4. Pembuatan Benda Uji

Adapun tahapan-tahapan dalam pembuatan benda uji yaitu:

1. Pengadaan material pasir, semen, kerikil, *fly ash* dan superplasticizer.
2. Menyiapkan cetakan benda uji berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm.
3. Menyiapkan dan menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan.
4. Setelah semua bahan ditimbang dilakukukan pencampuran sesuai dengan proporsi yang sudah ditentukan.
5. Bahan-bahan penyusun beton yaitu semen, krikil, pasir, *fly ash* dan superplasticizer diaduk hingga rata.
6. Setelah tercampur rata, kemudian ditambahkan dengan air sesuai perbandingan berat air : semen.
7. Bahan-bahan yang telah tercampur rata kemudian dimasukkan kedalam cetakan sesuai dengan cetakan benda uji yang akan dibuat.
8. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaanya diratakan.
9. Selanjutnya benda uji di keringkan untuk proses pengerasan.
10. Setelah dibiarkan selama 24 jam, benda uji beton dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan perendaman benda uji kubus Dalam penelitian ini dibuat benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan penambahan superplasticizer untuk pengujian kuat tekan beton akibat pengaruh dari pemanasan/pembakaran.

2.5. Pengujian Slump Beton Segar

Pengujian slump beton dilakukan dengan menggunakan kerucut Abram, batang baja dan pita pengukur. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat workability beton, atau kemudahan pengerjaan beton segar, serta kekentalan campuran beton segar (workability). Rencana nilai slump pada penelitian ini berdasarkan SNI 03-6468-2000 bila menggunakan superplasticizer, nilai slump boleh lebih dari pada 200 mm, sehingga apabila nilai slump sesuai rencana maka campuran beton segar dapat langsung dimasukkan ke dalam cetakan benda uji.

Menghitung waktu pengikatan beton adalah untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras dengan seluruh agregatnya. Setelah semua bahan mulai menyatu, adonan tidak bisa lagi diubah bentuk atau posisinya. Waktu pengerasan dihitung secara manual, dimulai dari proses pencampuran hingga beton menjadi keras dan bentuknya tidak dapat diubah.

2.6. Perawatan Beton (*Curing*)

Berlandaskan SNI 2493-2011, perlakuan terhadap benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Penutupan setelah selesai, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembapan sampai benda uji dikeluarkan dari cetakan.

2. Perlakuan pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar penerimaan atau pengawasan mutu sebagai berikut:
 - a) Benda uji harus disimpan pada suhu antara 16 °C sampai 27 °C dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang mengeluarkan panas.
 - b) Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diberi perawatan standar.
 - c) Jika spesimen tidak akan diangkut selama 48 jam, cetakan harus dikeluarkan dalam waktu 24 jam ± 8 jam serta diberi perawatan standar sampai waktu pengangkutan tiba.
3. Perlakuan standar untuk benda uji sebagai berikut :
 - a) Dalam waktu 30 menit setelah dikeluarkan dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu 23 °C ± 1,7 °C.
 - b) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20 °C sampai 30 °C.
 - c) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.
 - d) Penyimpanan benda uji dalam keadaan basah yaitu dengan cara direndam dalam air atau ditutup dengan kain basah.

2.7. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dengan acuan SNI 03-1974-1990 untuk beton umur 28 hari, toleransi waktu yang pengujian yang diizinkan sesuai SNI 1974: 2011 yaitu ±20 jam atau 3,0 %. Pada saat pembebanan sampai benda uji hancur, catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan. Perhatikan jenis kerusakan dan kondisi visual benda uji beton. Hitung kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang rata-rata yang ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan beton } f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$f'c$: Kuat tekan beton dengan benda uji kubus, dinyatakan dalam MPa atau N.mm².

P : gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N).

A : adalah luas penampang benda uji, dinyatakan dalam mm².

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Sampel

Pada pembuatan benda uji beton diperlukan komposisi yang akan digunakan dalam pencampuran beton yang dapat dilihat dari mix design sesuai dengan SNI 7656-2012. Dalam penelitian ini menggunakan mix design 250 kg/cm² atau dalam $f'ck$ yaitu 19,664 Mpa atau dibulatkan menjadi 19,7 Mpa. Komposisi yang telah dihitung menggunakan mix design SNI 7656-2012 untuk beton Normal (0%) dan tiga variasi substitusi *fly ash* 5%, 10%, 15% dengan tambahan Superplasticizer sebesar 1,5% terhadap jumlah *fly ash* dan semen dalam beton normal (0%) sehingga memperoleh perhitungan sebagai berikut :

Tabel 3 Kebutuhan Sampel Per Variasi Sebanyak 1 m³

| Kode | Semen (kg) | Air (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) | Fly ash (kg) | Superplasticizer Terhadap Berat Semen dan Fly ash |
|--------|------------|----------|------------|--------------|--------------|---|
| BFA0% | 308,50 | 165,6 | 817,17 | 1154,54 | 0 | 1,5% |
| BFA5% | 293,08 | 165,6 | 817,17 | 1154,54 | 15,43 | 1,5% |
| BFA10% | 277,65 | 165,6 | 817,17 | 1154,54 | 30,85 | 1,5% |
| BFA15% | 262,23 | 165,6 | 817,17 | 1154,54 | 46,28 | 1,5% |
| Jumlah | 1141,46 | 662,4 | 3271,482 | 4618,143 | 92,55 | 6% |

3.2. Pengujian Slump Campuran

Sebelum memasukkan campuran beton segar kedalam cetakan, dilakukan pemeriksaan slump terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar nilai slump tidak keluar dari nilai yang direncanakan. Berikut merupakan hasil pemeriksaan slump:

Tabel 4 Hasil Pengujian Slump Test

| Kode Campuran | Rencana Slump (mm) | Slump Terukur (mm) |
|---------------|--------------------|--------------------|
| BFA 0% 28 | 100-200 | 180 |
| BFA 5% 28 | 100-200 | 160 |
| BFA 10% 28 | 100-200 | 180 |
| BFA 15% 28 | 100-200 | 120 |



Gambar 1 Pengujian Slump

Berdasarkan Tabel 4, nilai slump yang diperoleh antara 120 mm sampai 180 mm. Nilai slump yang diperoleh untuk substitusi 5%, 10% dan 15% menunjukkan bahwa campuran masih dapat dikerjakan dengan baik karena memiliki kelecekan yang masih berada dalam batas minimum nilai slump berdasarkan SNI 03-6468-2000 yaitu antara 100 mm dan 200 mm, serta dari pengujian ini juga diketahui semakin bertambahnya komposisi *fly ash* maka campuran beton semakin padat dikarenakan *fly ash* dan superplasticizer memiliki penyerapan air yang tinggi.

3.3. Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan benda uji dengan dimensi 15x15x15 cm pada umur 28 hari dan dibagi menjadi 4 variabel yaitu Beton Normal 0%, substitusi *fly ash* 5%, 10%, 15%, terhadap berat semen dan dengan tambahan superplasticizer sebesar 1,5%.

Hasil uji kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.6 sampai 4.9 sebagai berikut :

Tabel 5 BFA 5% Pada Umur 28 Hari

| Type | No | Dimensi | | | Beban Kg | Nilai Kuat Tekan Kg/cm ² | Rata-Rata (Kg/cm ²) |
|----------------|----|---------|------|------|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | | P Cm | L Cm | T Cm | | | |
| BFA 5% 28 hari | 1 | 15 | 15 | 15 | 82902 | 368,5 | 355,6 |
| | 2 | 15 | 15 | 15 | 76161 | 338,5 | |
| | 3 | 15 | 15 | 15 | 78262 | 347,8 | |
| | 4 | 15 | 15 | 15 | 83462 | 370,9 | |

| Tipe | No | Dimensi | | | Beban Kg | Nilai Kuat Tekan Kg/cm ² | Rata-Rata (Kg/cm ²) |
|------|----|---------|---------|---------|-------------|--|------------------------------------|
| | | P Cm | L Cm | T Cm | | | |
| | 5 | 15 | 15 | 15 | 79119 | 351,6 | |
| | 6 | 15 | 15 | 15 | 78629 | 349,5 | |
| | 7 | 15 | 15 | 15 | 85084 | 378,2 | |
| | 8 | 15 | 15 | 15 | 78588 | 349,3 | |
| | 9 | 15 | 15 | 15 | 79873 | 355,0 | |
| | 10 | 15 | 15 | 15 | 78058 | 346,9 | |

Tabel 6 BFA 10% Pada Umur 28 Hari

| Tipe | No | Dimensi | | | Beban Kg | Nilai Kuat Tekan Kg/cm ² | Rata-Rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|----|---------|---------|---------|-------------|--|------------------------------------|
| | | P Cm | L Cm | T Cm | | | |
| BFA 10% 28 hari | 1 | 15 | 15 | 15 | 85308 | 379,1 | 382,9 |
| | 2 | 15 | 15 | 15 | 83442 | 370,9 | |
| | 3 | 15 | 15 | 15 | 82259 | 365,6 | |
| | 4 | 15 | 15 | 15 | 90672 | 403,0 | |
| | 5 | 15 | 15 | 15 | 86093 | 382,6 | |
| | 6 | 15 | 15 | 15 | 84859 | 377,2 | |
| | 7 | 15 | 15 | 15 | 89815 | 399,2 | |
| | 8 | 15 | 15 | 15 | 87857 | 390,5 | |
| | 9 | 15 | 15 | 15 | 83901 | 372,9 | |
| | 10 | 15 | 15 | 15 | 87307 | 388,0 | |

Tabel 7 BFA 15% Pada Umur 28 Hari

| Tipe | No | Dimensi | | | Beban Kg | Nilai Kuat Tekan Kg/cm ² | Rata-Rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|----|---------|---------|---------|-------------|--|------------------------------------|
| | | P Cm | L Cm | T Cm | | | |
| BFA 15% 28 hari | 1 | 15 | 15 | 15 | 91783 | 407,9 | 406,4 |
| | 2 | 15 | 15 | 15 | 85981 | 382,1 | |
| | 3 | 15 | 15 | 15 | 98177 | 436,3 | |
| | 4 | 15 | 15 | 15 | 87409 | 388,5 | |
| | 5 | 15 | 15 | 15 | 93588 | 415,9 | |
| | 6 | 15 | 15 | 15 | 90825 | 403,7 | |
| | 7 | 15 | 15 | 15 | 93823 | 417,0 | |
| | 8 | 15 | 15 | 15 | 88989 | 395,5 | |
| | 9 | 15 | 15 | 15 | 94118 | 418,3 | |
| | 10 | 15 | 15 | 15 | 89642 | 398,4 | |

Pada tabel di atas, kuat tekan rata-rata untuk setiap tipe beton pada umur 28 hari. Pada beton variasi tambahan *fly ash* 5% memiliki kuat tekan sebesar 355,6 kg/cm², pada beton variasi 10% memiliki kuat tekan sebesar 382,9 kg/cm², dan pada beton variasi 15% memiliki kuat tekan sebesar 406,4 kg/cm².

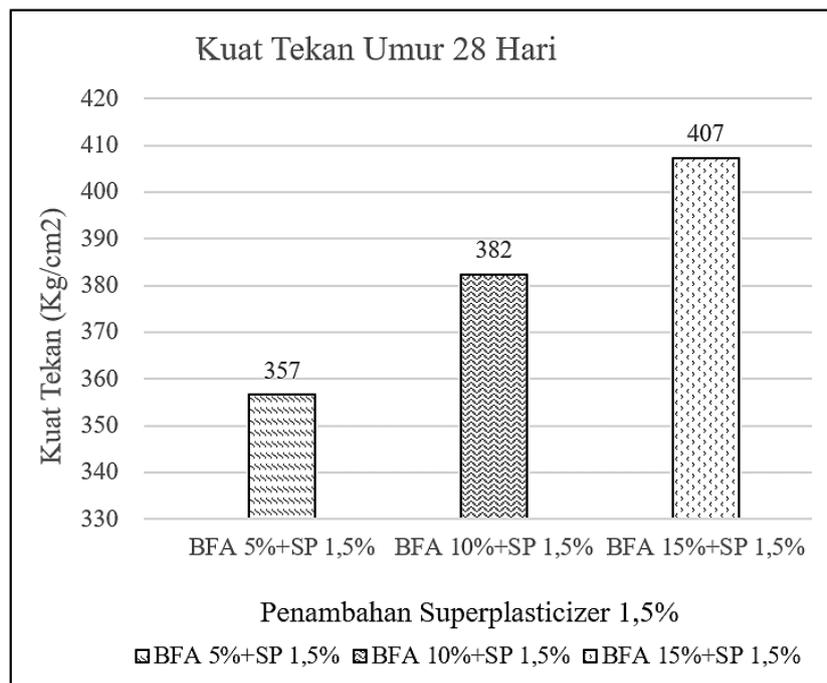
3.4. Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Dari hasil perhitungan kuat tekan beton variasi BFA 5%, BFA 10%, BFA 15% pada umur 28 hari dengan metode analisis distribusi t yang dapat dilihat pada kurva hasil analisis nilai kuat tekan menggunakan kurva distribusi t (one sample-test), batas penerimaan berada nilai thitung dua arah yang menyatakan bahwa kurang dari -2,262 < masuk daerah penerimaan atau lebih dari < 2,262 yang artinya sampel

dinyatakan berada pada daerah penolakan, selanjutnya untuk rekapitulasi kuat tekan rata-rata beton dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

| No. | Variasi Benda Uji | Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm^2) |
|-----|-------------------|---|
| | | 28 Hari |
| 1. | BFA 5% + SP 1,5% | 356 |
| 2. | BFA 10% + SP 1,5% | 383 |
| 3. | BFA 15% + SP 1,5% | 406 |



Gambar 2 Grafik Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Secara keseluruhan, hasil uji menunjukkan bahwa menambah persentase *fly ash* dalam campuran beton cenderung meningkatkan kekuatan tekan rata-rata setelah 28 hari, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tilik (2011). Peningkatan dari 5% hingga 15% *fly ash* membawa pada peningkatan yang konsisten dalam kekuatan tekan, dengan campuran 15% *fly ash* menunjukkan performa terbaik di antara variasi yang diuji. Besarnya peningkatan yang terjadi adalah sekitar 7% setiap 5% penambahan *fly ash* ke dalam campuran beton dengan bahan tambah SP 1,5%. Ini bisa berarti bahwa *fly ash* berperan efektif dalam meningkatkan karakteristik mekanis beton, meskipun perlu dipertimbangkan juga efek jangka panjang dan aspek lain dari campuran beton dalam aplikasi praktis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kuat tekan meningkat pada beton berbahan tambah SP 1,5% yang diberi tambahan *fly ash* sampai dengan 15% dari berat semen
- Terjadi peningkatan kuat tekan sekitar 7% untuk setiap penambahan 5% *fly ash* pada campuran beton berbahan tambah SP 1,5% dengan maksimal kuat tekan terjadi pada variasi campuran tambahan *fly ash* adalah 15%

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, N., & Laia, P. (2013). Pengaruh pemakaian *fly ash* dan superplastisizer pada kuat tekan beton. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). Tata cara Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen portland dengan abu terbang (SNI 03-6468-2000). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara uji slump beton (SNI 1972:2008). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata cara pembuatan pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa (SNI 7656-2012). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidrolik (ASTM C1602-06, IDT) (SNI 7974-2013). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). Spesifikasi abu terbang batubara dan pozzolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton (SNI 2460:2014). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Semen Portland (SNI 2049:2015). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2016). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847:2019). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Danielowska, D.S., 2006. Heavy metals in fly ash from a coal-fired power station in Poland. Polish J. of Environ. Stud., 15(6), pp. 943-946.
- Ghorai, M., Patra, B.C., Sar, U.K., Bhattacharya, M., Jana, H., & Kar, A. (2015). The impact of coal fly ash power station on distribution and biodiversity of freshwater fishes in Rupnarayan river, West Bengal, India. International Journal of Current Research, 7(12), pp. 23954-23961.
- Hertianisya, N. H., Prasetya, N. A. 2023. Fly Ash PLTU Sumber Alam Sekurau Kalimantan Utara Sebagai Binder Beton Geopolimer. Civil Engineering Scientific Journal. 2 (1). DOI: <https://doi.org/10.35334/cesj.v2i1.3079>
- Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil Tahun 2019 Tentang Penggunaan Abu Terbang dalam Campuran Beton Sedikit Semen Portland.
- Setiawati, M., & Rivai, M. A. (2017, June). Pemanfaatan *Fly ash* Pada Kuat Tekan Beton K300. In FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil) (Vol. 5, No. 1, pp. 25-33).
- Tilik, LF (2011). Pengaruh Abu Terbang dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. Teknika Polstri , 32 (1), 221608.