**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

**Oleh :**

**Rizky Febriani Pohan1; Muhammad Rahman Rambe2**

*Dosen Fakultas Teknik UGN Padangsidimpuan*

***Abstrak***

***Pemanfaatan abu terbang (fly ash) sebagai material campuran beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. Fly ash merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Kehalusan butiran fly ash ini berpotensi terhadap pencemaran udara. Penanganan fly ash pada saat ini masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penggantian sebagian semen dengan fly ash untuk mengidentifikasi kekuatan beton. Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan fly ash sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Persentase sampel yang digunakan bervariasi mulai dari 5% sampai dengan 12,5% dengan interval 2,5%. Beton akan diuji pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan curing. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 15 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 3 benda uji. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada beton campuran fly ash 12,5%, yaitu 403,66 kg/cm2 pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan sebesar 28,02%. Pada awal umur beton, nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada beton campuran fly ash 12,5%, yaitu 230,02 kg/cm2 dengan persentase peningkatan sebesar 60,59% terhadap beton normal. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan fly ash mempengaruhi kekuatan beton. Persentase penggunaan fly ash 12,5% pada beton, akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum.***

***Kata Kunci : beton, kekuatan beton, umur beton, fly ash***

**BAB I. PENDAHULUAN**

Beton adalah campuran yang terdiri dari bahan material berupa agregat halus, agregat kasar, semen, air serta bahan lain sebagai tambahan dengan dosis tertentu. Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam pekerjaan teknik sipil, struktur beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, plat. Dalam pekerjaan teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air, seperti : bendungan, saluran dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam pekerjaan teknik sipil transportasi untuk *rigid pavement* (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong – gorong dan lain sebagainya. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua aspek pekerjaan sipil. Artinya, semua struktur dalam pekerjaan sipil akan menggunakan beton, minimal dalam pekerjaan pondasi (Haris dan Firdaus, 2021).

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi, menuntut kebutuhan material beton yang semakin kuat. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dalam bidang teknologi beton guna meningkatkan kekuatan serta sifat – sifat lainnya (Simatupang dkk., 2017). Salah satu material yang digunakan sebagai campuran beton adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) merupakan produk sampingan hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Abu terbang apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan pencemaran karena abu terbang mengandung beberapa elemen beracun seperti : arsenik, vanadium, antimoni, boron dan kromium. Maka salah satu cara agar material hasil produk sampingan tersebut tidak mengkontaminasi lingkungan adalah dengan menggunakan material tersebut sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Penambahan abu terbang (*fly ash*) pada campuran beton bersifat pozzolan, sehingga bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik untuk beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika dalam aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat *cementitious* (bersifat mengikat). Saat ini di Sumatera Utara abu terbang adalah produk sampingan limbah dari PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik, berupa butiran halus ringan, bundar dan bersifat pozzolanik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi komposisi campuran beton mutu normal yang menggunakan material bahan tambahan abu terbang dengan konsentrasi tinggi terhadap kuat tekan beton bila menggunakan abu terbang yang berasal dari PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton mutu normal pada kondisi *High Volume Fly ash Concrete* akibat pengaruh penggantian sebagian semen terhadap abu terbang (*fly ash*). Sedangkan manfaat penelitian ini antara lain adalah : 1. Diharapkan dapat dijadikan acuan dalam melaksanakan pembuatan campuran beton mutu normal dengan penggantian semen terhadap *fly ash* yang tinggi dengan kuat tekan optimum untuk mendapatkan biaya yang ekonomis, yang menggunakan bahan tambah abu terbang yang berasal dari PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara; 2. Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik beton mutu normal dengan variasi bahan tambah abu terbang (*fly ash*), terutama pengaruhnya terhadap kuat tekan beton mutu normal tersebut; 3. Sebagai bekal bagi peneliti selanjutnya untuk dapat melanjutkan penelitian mengenai sifat – sifat mekanik lain dari pengaruh pencampuran abu terbang pada *high volume fly ash* (HVFA) *concrete*; 4. Mengurangi limbah yang ada di PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, mengingat sudah begitu banyak tumpukan di tempat pembuangan limbah *fly ash* di PLTU ini, untuk antisipasi dampak penuh penampungan limbah ini pada 50 – 100 tahun kemudian (Marthinus dkk., 2015).

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis yang lain yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah lain. Salah satu material yang digunakan sebagai campuran beton adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly ash*) yang merupakan sisa – sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari batu bara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu, yaitu : abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

*Fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan no. 325 (45 milimikron) sebanyak 5 – 27%, dengan *specific gravity* antara 2,15 – 2,8 dan berwarna abu – abu kehitaman. Sifat proses pozzolanik dari *fly ash* mirip dengan bahan pozzolan lainnya. Abu terbang (*fly ash*) dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Kelas C

*Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batu bara (batu bara muda). Senyawa lain yang terkandung di dalamnya : SiO2 (30 – 50%), Al2O3 (17 – 20%), Fe2O3, MgO, Na2O dan sedikit K2O. Jenis abu terbang ini memiliki *specific gravity* antara 2,31 – 2,86 dan mempunyai sifat pozzolan, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO.SiO2.2H2O), kalsium hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

2. Kelas F

*Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. Senyawa lain yang terkandung di dalamnya : SiO2 (30 – 50%), Al2O3 (45 – 60%), MgO, K2O dan sedikit Na2O. Jenis abu terbang ini memiliki *specific gravity* antara 2,15 – 2,45 dan bersifat seperti pozzolan, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomik, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu, juga memiliki sifat pozzolan yang baik (Marthinus dkk., 2015).

*High volume fly ash* (HVFA) *concrete* adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* baik berupa kelas C maupun kelas F. Istilah *high volume* *fly ash concrete* sendiri pertama kali diperkenalkan oleh peneliti di pusat penelitian CANMET Kanada pada tahun 1980an (Malhotra and Mehta, 2005). Pemakaian *high volume fly ash* (HVFA) *concrete* memberikan beberapa keuntungan terhadap beton yang dihasilkan, baik dalam keadaan beton segar maupun beton yang telah mengeras. Keuntungan – keuntungan yang diperoleh tersebut adalah peningkatan kelacakan beton, kemudahan dalam *finishing* permukaan beton, *drying shrinkage* dan *creep* serta peningkatan durabilitas beton.

Penggunaan abu terbang pada beton tidak saja memberikan keuntungan pada lingkungan tapi juga meningkatkan kinerja dan kualitas beton itu sendiri (Sumajouw dan Dapas, 2013). Meskipun pemakaian *high volume fly ash* (HVFA) *concrete* sangat bersesuaian dengan kampanye “*green concrete*”, masih ada beberapa kendala yang menyebabkan teknologi ini belum dapat diterima secara luas. Hambatan – hambatan tersebut dapat disebutkan, yaitu : hambatan dari segi peraturan, perkembangan kuat tekan yang lambat dan umur perawatan beton yang lama.

**BAB III. METODE PENELITIAN**

Benda uji merupakan bagian dari populasi, sebagai benda uji yang diambil dengan cara – cara tertentu. Benda uji adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Benda uji yang dilakukan dengan variasi penambahan *fly ash* pada penelitian ini sebesar 5%; 7,5%; 10%; 12,5% terhadap berat semen. Abu terbang (*fly ash*) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Pangkalan Susu OMU, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

Pada tahap ini direncanakan benda uji yang akan dibuat adalah benda uji berbentuk kubus yang terdiri dari beton normal dan beton dengan penggunaan abu terbang (*fly ash*) sebesar 5%; 7,5%; 10%; 12,5%. Tiap variasi beton tadi akan diuji pada saat beton berumur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah dilakukan *curing* dengan jumlah sampel untuk tiap variasi dibuat sebanyak 3 sampel. Jumlah sampel benda uji seluruhnya sebanyak 15 benda uji (Setiawati, 2018). Rencana campuran beton yang akan dilakukan pada penelitian ini, dijabarkan dalam Tabel 1 sebagai berikut :

 **Tabel 1. Rencana Campuran Beton**

|  |  |
| --- | --- |
| **Variasi Sampel** | **Jumlah Sampel** |
| Beton Normal (BN) | 3 |
| Beton fly ash 5% (FA 1) | 3 |
| Beton fly ash 7,5% (FA 2) | 3 |
| Beton fly ash 10% (FA 3) | 3 |
| Beton fly ash 12,5% (FA 4) | 3 |

Langkah – langkah dalam pelaksanaan campuran adalah sebagai berikut :

1. Material yang telah disiapkan, ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan komposisi campuran yang telah dihitung dengan memperhatikan jumlah cetakan yang tersedia. Dan alat – alat yang akan digunakan telah disiapkan. Untuk mengantisipasi kekurangan campuran beton akibat kekurangan akibat faktor pengerjaan adukan terbuang selama pemadatan dan perataan permukaan beton, berat setiap material yang dipakai dalam pencampuran adalah 1,20 kali berat tiap material hasil perhitungan.
2. Campurkan terlebih dahulu semen dengan fly ash dengan konsentrasi tertentu yang sudah dipersiapkan terlebih dahulu secara manual dengan menggunakan tropol di dalam ember/loyang secara merata.
3. Masukkan batu pecah dan pasir yang sudah dipersiapkan ke dalam molen terlebih dahulu, lalu mesin dihidupkan selama ± 5 menit. Kemudian matikan mesin dan masukkan semen yang telah disubstitusi sesuai dengan persentase abu terbang (0%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%). Hidupkan kembali mesin molen selama ± 5 menit agar campuran benar – benar tercampur rata.
4. Tuangkan air secara bertahap dan sesekali mesin dihentikan dan dicek keencerannya atau dicampur secara manual dengan tropol pada bagian – bagian yang belum tercampur secara merata.
5. Setelah dicampur selama ± 5 menit beton siap untuk dicetak (Marthinus dkk., 2015).

**BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian uji kuat tekan karakteristik beton dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini :

**Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Karakteristik**

|  |  |
| --- | --- |
| **Variasi Benda Uji** | **Kuat Tekan Karakteristik (kg/cm2)** |
| **Umur (hari)** |
| **3** | **7** | **14** | **28** |
| BN | 143,23 | 188,19 | 259,75 | 315,31 |
| FA 1 | 147,92 | 200,00 | 274,87 | 319,56 |
| FA 2 | 204,67 | 212,55 | 284,03 | 346,47 |
| FA 3 | 214,81 | 235,48 | 301,54 | 376,30 |
| FA 4 | 230,02 | 233,90 | 331,77 | 403,66 |

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan beton campuran *fly ash* dengan persentase 5%; 7,5%; 10%; 12,5%, maka diperoleh persentase peningkatan kuat tekan beton campuran *fly ash* terhadap beton normal.

1. Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton campuran *fly ash* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton campuran *fly ash* terhadap beton normal pada umur 3 hari dalam Tabel 3 di bawah ini :

**Tabel 3. Hasil Persentase Kekuatan Beton Umur 3 Hari**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variasi Benda Uji** | **Kuat Tekan Beton (kg/cm2)** | **Peningkatan (%)** |
| BN | 143,23 | 0,00 |
| FA 1 | 147,92 | 3,27 |
| FA 2 | 204,67 | 42,90 |
| FA 3 | 214,81 | 49,98 |
| FA 4 | 230,02 | 60,59 |

Tabel 3. menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan beton campuran *fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal pada umur 3 hari. Persentase kenaikan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada beton campuran *fly ash* 12,5%, yaitu sebesar 60,59% terhadap beton normal. Dari Tabel 3. dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan *fly ash* memberikan dampak/pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton.

2. Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton campuran *fly ash* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton campuran *fly ash* terhadap beton normal pada umur 7 hari dalam Tabel 4 di bawah ini :

**Tabel 4. Hasil Persentase Kekuatan Beton Umur 7 Hari**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variasi Benda Uji** | **Kuat Tekan Beton (kg/cm2)** | **Peningkatan (%)** |
| BN | 188,19 | 0,00 |
| FA 1 | 200,00 | 6,28 |
| FA 2 | 212,55 | 12,94 |
| FA 3 | 235,48 | 25,13 |
| FA 4 | 233,90 | 24,29 |

Tabel 4. menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan beton campuran *fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal pada umur 7 hari. Persentase peningkatan kekuatan tertinggi terjadi pada beton campuran *fly ash* 10%, yaitu sebesar 25,13% terhadap beton normal.

3. Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton campuran *fly ash* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton campuran *fly ash* terhadap beton normal pada umur 14 hari dalam Tabel 5 di bawah ini :

**Tabel 5. Hasil Persentase**

**Kekuatan Beton Umur 14 Hari**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variasi Benda Uji** | **Kuat Tekan Beton (kg/cm2)** | **Peningkatan (%)** |
| BN | 259,75 | 0,00 |
| FA 1 | 274,87 | 5,82 |
| FA 2 | 284,03 | 9,35 |
| FA 3 | 301,54 | 16,09 |
| FA 4 | 331,77 | 27,73 |

Tabel 5. menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan beton campuran *fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal pada umur 14 hari. Persentase kenaikan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada beton campuran *fly ash* 12,5%, yaitu sebesar 27,73% terhadap beton normal. Dari Tabel 5. dapat disimpulkan bahwa pada umur 14 hari, penggunaan *fly ash* memberikan dampak/pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton.

4. Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Dari pengolahan data kuat tekan beton normal dan beton campuran *fly ash* didapat persentase perbandingan kuat tekan beton campuran *fly ash* terhadap beton normal pada umur 28 hari dalam Tabel 6 di bawah ini :

**Tabel 6. Hasil Persentase Kekuatan Beton Umur 28 Hari**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variasi Benda Uji** | **Kuat Tekan Beton (kg/cm2)** | **Peningkatan (%)** |
| BN | 315,31 | 0,00 |
| FA 1 | 319,56 | 1,35 |
| FA 2 | 346,47 | 9,88 |
| FA 3 | 376,30 | 19,34 |
| FA 4 | 403,66 | 28,02 |

Tabel 6. menunjukkan nilai kuat tekan karakteristik untuk beton normal dan beton campuran *fly ash* mengalami peningkatan kekuatan karakteristik terhadap beton normal pada umur 28 hari. Persentase kenaikan kekuatan beton karakteristik terbesar terjadi pada beton campuran *fly ash* 12,5%, yaitu sebesar 28,02% terhadap beton normal. Dari Tabel 6. dapat disimpulkan bahwa pada umur 28 hari, penggunaan *fly ash* memberikan dampak/pengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton.

Dari hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini, maka bisa diambil kesimpulan bahwa bahwa penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen memberikan pengaruh pada kekuatan beton. Hal ini dapat terlihat bahwa di awal umur beton, terjadi peningkatan kekuatan beton sebesar 60,59% dari beton normal. Peningkatan kekuatan beton tertinggi terjadi pada penggunaan campuran *fly ash* 12,5% (Setiawati, 2018).

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk beton normal dan beton campuran *fly ash* sebesar 5%; 7,5%; 10%; 12,5% dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton untuk masing – masing sampel beton normal memenuhi nilai kuat tekan kriteria K-300.
2. Nilai kuat tekan beton untuk beton campuran *fly ash* 5%; 7,5%; 10%; 12,5% masih memenuhi nilai kuat tekan karakteristik K-300.
3. Penggunaan *fly ash* sampai 12,5% pada campuran beton masih mendapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.

**5.2 Saran**

Saran yang dapat disampaikan penulis adalah penelitian ini sebaiknya dilanjutkan untuk persentase penggunaan *fly ash* yang lebih dari 12,5%.

**DAFTAR PUSTAKA**

Haris, S. dan Firdaus, R., 2021, Pengaruh Penggunaan Silica Fume Powder Terhadap Kuat Tekan Beton, *ISU TEKNOLOGI STT MANDALA*, 16(1), Juli 2021, p-ISSN 1979-4819, e-ISSN 2599-1930, 97 – 102.

Malhotra, V.M. and Mehta, P.K., 2005, *High Performance, High Volume Fly Ash Concrete : Materials, Mixture Proportioning, Properties, Construction Practice, and Case Histories*. Ottawa Canada, Suplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa, Canada.

Marthinus, A.P., Sumajouw, M.D.J., Windah, R.S., 2015, Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton, *Jurnal Sipil Statik*, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, 3(11), November 2015, ISSN 2337-6732, 729 – 736.

Setiawati, M., 2018, Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018*, 17 Oktober 2018, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Simatupang, P.H., Nasjono, J.K., Mite, K.G., 2017, Pengaruh Penambahan Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete, *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Nusa Cendana, 6(2), September 2017, 219 – 230.

Sumajouw, M.D.J. dan Dapas, S.O., 2013, *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit Andi, Yogyakarta.