

Studi Kelayakan Penggunaan *Fly Ash* Nagan Raya untuk Menggantikan Sebagian Semen pada Beton Normal

Fathurrahman Al Ghozy Beu Aulia¹, Amir Fauzi², Musbar³

¹ Prodi. TRKJJ, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Email: ¹beuaulia@gmail.com, ²amirfauzi@pnl.ac.id, ³musbaribrahim@pnl.ac.id

Abstrak

Beton merupakan komponen konstruksi yang sering digunakan pada industri dikarenakan kemudahan material yang diperoleh dan mudah dibentuk pada saat pencetakan. Beton dibentuk melalui pencampuran air, semen, pasir dan kerikil, bahkan dengan tujuan tertentu campuran tersebut juga ditambah dengan penggunaan bahan tambahan/*additive*. Seiring dengan tingginya kebutuhan penggunaan beton pada konstruksi yang menyebabkan tingginya kebutuhan material komponen beton. Salah satu material komponen beton yang menjadi isu negatif terhadap lingkungan adalah *Portland Composite Cement* (PCC). Peningkatan produksi ini secara terus – menerus menjadikan permasalahan yang sukar diselesaikan di kemudian hari. Hal inilah yang menyebabkan peneliti hendak melakukan studi kelayakan penggunaan *fly ash* Nagan Raya untuk menggantikan sebagian semen pada beton normal. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan mikrostruktur *fly ash* Nagan Raya pada ikatan beton normal, untuk mengetahui analisa *rheology* dan sifat mekanik penggunaan *fly ash* Nagan Raya pada beton normal dan untuk mengetahui kelayakan penggunaan *fly ash* Nagan Raya sebagai pengganti sebagian semen pada beton normal terhadap kuat tekannya. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian *rheology* dan sifat mekanis. Pada pengujian mikrostruktur terdapat 3 pengujian, yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA). Pada pengujian *rheology* yaitu pengujian *slump test* dan *setting time*. Sedangkan pada pengujian sifat mekanis yaitu pengujian kuat tekan beton.

Kata Kunci: Beton, *Fly Ash*, Mikrostruktur, *Rheology*, Kuat Tekan Beton

Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di industri. Peneliti melakukan kajian alternatif untuk terus mengevaluasi dan meningkatkan kualitas beton dari material yang digunakan sampai kepada metode pencampuran. Peningkatan kualitas beton diharapkan dapat memberikan kuat tekan yang luar biasa dan juga mampu meningkatkan ketahanan terhadap karat, ketahanan terhadap aus dan ketahanan terhadap cuaca. Kekuatan tekan sebuah beton akan ditentukan oleh agregat. Agregat utama beton terdiri dari agregat kasar yang biasanya berbentuk batu dan matriks semen – pasir. Struktur beton bertulang bangunan atau gedung biasanya menggunakan mutu beton yang berbeda-beda, disesuaikan dengan perencanaan struktur masing-masing (Fauzi dkk, 2021). Peningkatan produksi ini secara terus – menerus menjadikan permasalahan yang sukar diselesaikan di kemudian hari. Sehingga, perlu dipetakan solusi yang dapat diberikan kepada lingkungan.

Material abu terbang atau yang lebih dikenal dengan sebutan *fly ash* merupakan limbah terbuang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya. *Fly ash* dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen untuk mengurangi dampak lingkungan dan biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan *fly ash* dari Nagan Raya dalam campuran beton normal. Sehingga peneliti hendak melakukan studi kelayakan penggunaan *fly ash* Nagan Raya untuk menggantikan sebagian semen pada beton normal.

SNI 03-6863-2002 menginformasikan spesifikasi *fly ash* sebagai bahan tambah untuk campuran beton terdapat 3 jenis *fly ash*, yaitu *fly ash* jenis N, ialah abu terbang hasil kalsinasi dari pozolan alam, misalnya tanah diatomite, shale, tuft dan batu apung, *fly ash* jenis F, ialah abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit pada suhu kurang lebih 1560°C dan *fly ash* jenis C, ialah abu terbang hasil pembakaran lignit/batu bara dengan kadar karbon sekitar 60%. Abu terbang jenis ini mempunyai sifat seperti semen dengan kadar kapur di atas 10%.

Tabel 1. Kandungan Kimia *fly ash* Nagan Raya Dengan Semen Portland

Variasi serat (%)	Kelas F	Kelas C	Semen	Fly Ash Nagan Raya
SiO ₂	54.9	39.9	22.6	32.1
Al ₂ O ₃	25.8	16.7	4.3	18.77
Fe ₂ O ₃	6.9	5.8	2.4	12.49
CaO	8.7	24.3	64.4	20.08
MgO	1.8	4.6	2.1	8.46
SO ₃	0.6	3.3	2.3	3.38
NaO & K ₂ O	0.6	1.3	0.6	0.78
LOI	0.7	4.1	1.3	3.94

Sumber: (Wahab dan Syafira, 2020)

Dari hasil yang diperoleh melalui pengujian (Wahab dan Syafira, 2020) menunjukkan bahwa *fly ash* Nagan Raya termasuk kedalam kategori kelas F dan layak digunakan sebagai pengganti semen dengan melalui beberapa treatment ataupun perlakuan. Dengan memanfaatkan limbah batu bara (*fly ash*) sebagai bahan substitusi semen, sehingga dapat dinyatakan tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui karakteristik dan mikrostruktur *fly ash* Nagan Raya pada ikatan beton normal, untuk menganalisa *rheology* dan sifat mekanik penggunaan *fly ash* Nagan Raya pada beton normal dan mengetahui kelayakan daripada penggunaan *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada beton normal.

Metodologi

Material

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variabel. Dimana penelitian akan diawali dengan pengumpulan data hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan FANR yang mencakup karakteristik material *fly ash*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 1,3, 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji berbentuk kubus sebanyak 216 buah dengan ukuran 10 × 10 × 10 cm, dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Pencampuran air, semen, dan *fly ash* dilakukan menggunakan *mixer* dengan menggunakan kecepatan rendah selama 30 detik, kemudian *mixer* dibiarkan selama 15 detik. Faktor air semen (FAS) yang digunakan pada beton mutu normal ialah 0,45; 0,50; 0,55 dengan persentase substitusi *fly ash* terhadap semen *Portland Cement Composite* (PCC) masing-masing 5%; 10%; 15%; 20%; 25%. Pada tahap ini benda uji akan dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 10 × 10 × 10 cm. Parameter yang akan di analisis adalah kuat tekan. Setiap variasi akan dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Variasi yang memberikan nilai kuat tekan maksimum akan digunakan sebagai dasar pembuatan beton. *Mix design* akan dibuat pada kekuatan beton mutu normal.

Metode Pencampuran yang digunakan pada penelitian ini *slump test* rencana yang digunakan adalah 80 ± 20 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar SNI 7656-2012. Sedangkan pengujian *setting time* dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang

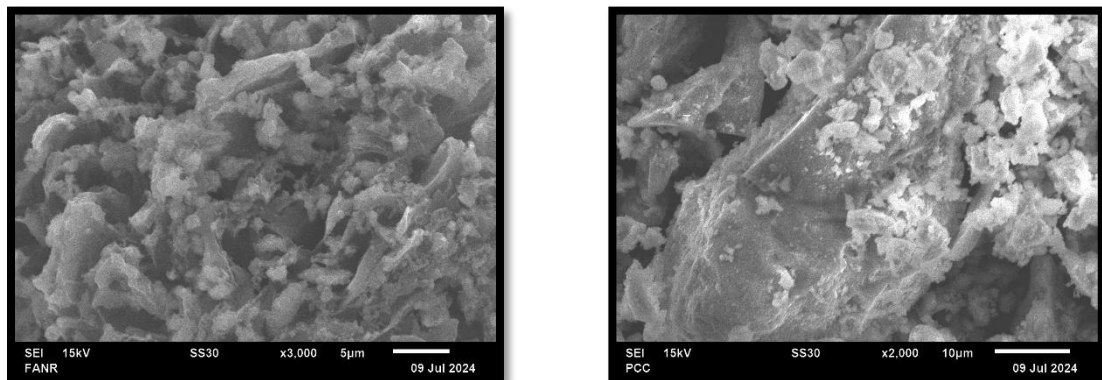
diperlukan oleh semen agar menghasilkan campuran yang dapat mengikat dengan baik. Waktu ikat awal semen didapat ketika penurunan mencapai 25 mm.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Mikrostruktur

1. Scanning Electron Microscope (SEM)

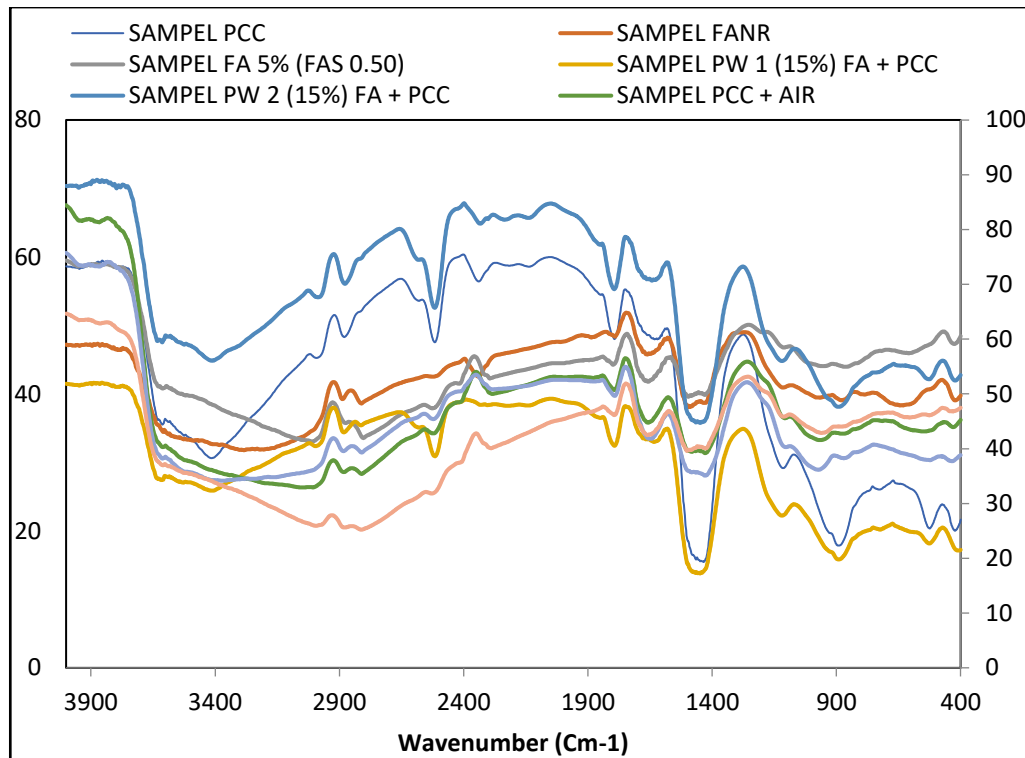
Karakteristik material *fly ash* berpengaruh pada pembentukan beton yang umumnya mengacu pada bentuk dan permukaan partikel *fly ash* itu sendiri. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) mendeskripsikan karakteristik material khususnya pada bentuk dan permukaan partikel *fly ash*. Berdasarkan hasil pengujian SEM, dapat dilihat bahwa ukuran partikel FANR lebih kecil daripada ukuran partikel PCC. Partikel FANR memiliki karakteristik bentuk seperti bola amorf, ramping dan berkabut. Karakteristik partikel FANR memiliki kontribusi dalam proses hidrasi dimana partikel FANR memiliki permukaan berkabut yang akan menyerap banyak air semen sehingga berdampak terhadap penurunan *workability*. Selain itu, permukaan partikel FANR yang berbentuk seperti bola amorf berkontribusi sebagai *filler* pada *concavity* ikatan gel C – S – H dan akan memberikan kepadatan yang lebih baik pada beton.



Gambar 1. Partikel FANR (a) ; Partikel PCC (b)

2. Fourier Transform Infra – Red (FTIR)

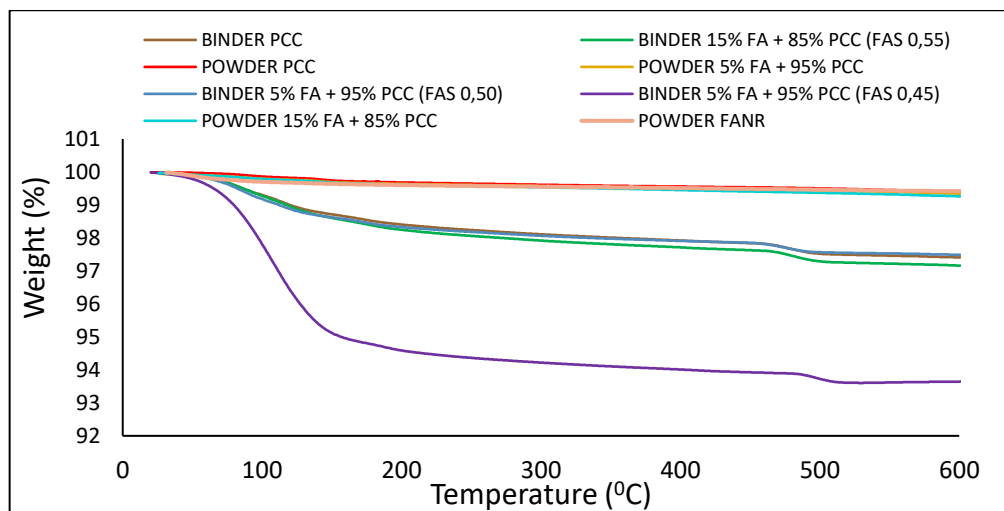
Identifikasi gugus kimia pada material beton berfungsi untuk melihat pengaruh perubahan pola zat kimia dengan menggunakan *infra – red* yang terdapat pada material *Portland Composite Cement* (PCC) berpengaruh atau tidaknya apabila ditambah dengan campuran *fly ash*. Pengujian ini dapat dilakukan menggunakan pengujian *Fourier Transform Infra – Red* (FTIR). Dari hasil grafik pengujian FTIR (a) dan (b), terjadi peregangkan ikatan H-O-H pada zona *waterbunds* yaitu pada daerah puncak gelombang 3440 cm^{-1} sampai 1630 cm^{-1} . Diketahui bahwa *powder* PCC dan Binder PCC masing – masing memiliki puncak sebanyak 7 dan 9. Sehingga diidentifikasi terdapat peningkatan jumlah puncak gelombang dari *powder* PCC ke Binder PCC yang menggambarkan Binder PCC memiliki lebih banyak air dibandingkan *powder* PCC. Hal ini dikaitkan dengan adanya jumlah air yang melekat pada ikatan binder.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian FTIR

3. Thermo Gravimetric Analysis (TGA)

Karakteristik material ini dilakukan dengan pengujian *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA) dengan memberikan suhu yang tinggi melalui pembakaran hingga mencapai suhu 600°C sehingga dapat melihat berapa banyak kehilangan material dari hasil pembakaran. Dari hasil grafik, material *fly ash* yang hilang setelah diberi suhu tinggi sebanyak 2.286 mg atau sekitar 13,4% dari keseluruhan berat sampel yang diuji sebanyak 17.700 mg. Dari hasil grafik material PCC yang hilang setelah diberikan suhu tinggi sebanyak 0,610 mg atau sekitar 3,5% dari keseluruhan berat sampel sebanyak 17.000 mg. Dari hasil pengujian material TGA *fly ash* dan PCC, dapat disimpulkan bahwa material PCC lebih kuat menahan panas daripada material *fly ash* walaupun *fly ash* sendiri merupakan limbah hasil pembakaran batu bara.



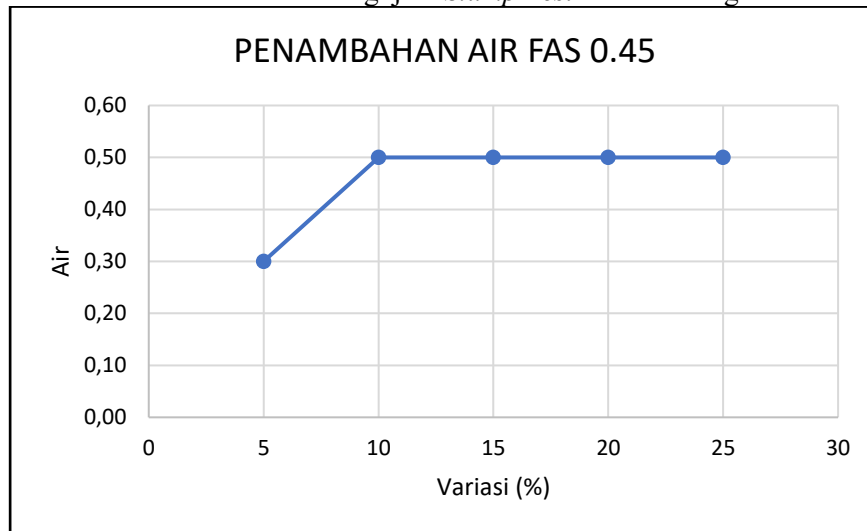
Gambar 3. Grafik Pengujian TGA PCC

Analisa Rheology

1. Slump Test

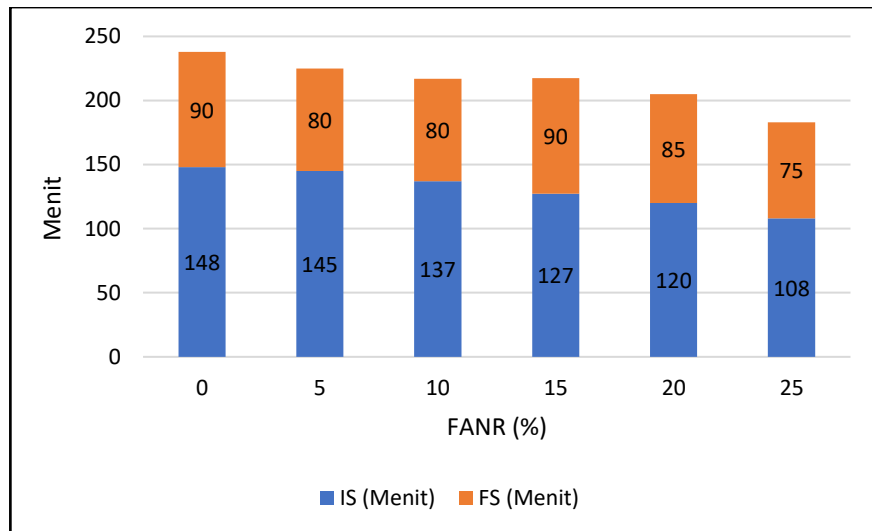
Nilai *slump* yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 80 – 120 mm dikarenakan beton yang direncanakan termasuk kategori beton mutu sedang. Pengujian *slump test* bertujuan untuk mengukur kemudahan pekerjaan pada beton (*workability*) yang mencakup saat pengecoran, pengangkutan, penempatan dan pemadatan. Dari hasil pengujian menunjukkan penambahan FAS berkontribusi terhadap penambahan *workability*. Hal ini dikaitkan dengan penambahan volume air pada campuran seiring dengan kenaikan FAS.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Slump Test* Mutu Sedang

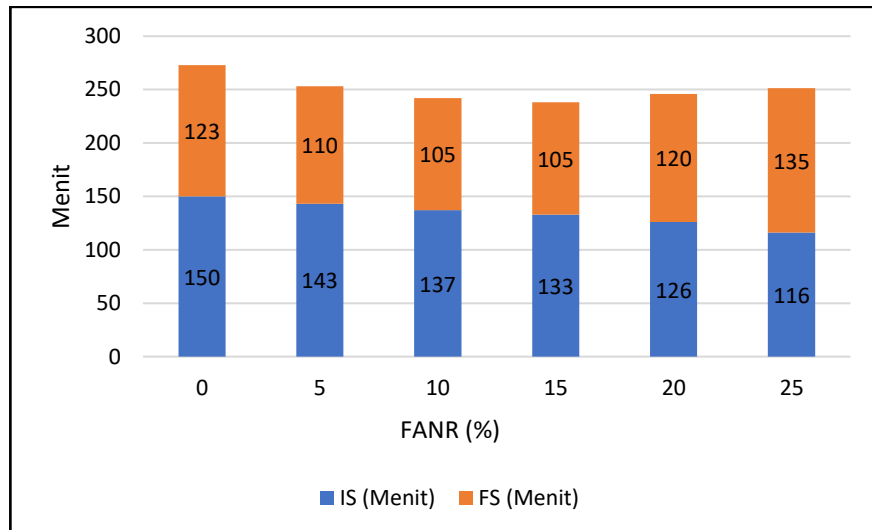


2. Setting Time

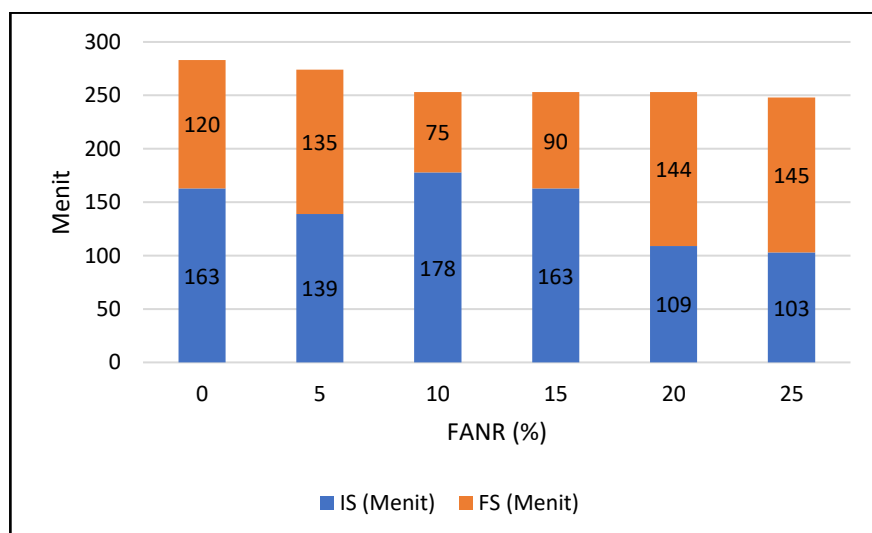
Waktu pengerasan dari beton segar bervariasi tergantung pada banyaknya kandungan *fly ash* terhadap semen PCC. Pada FAS 0.45 waktu pengerasan paling lambat terjadi pada variasi FA 10% dan paling cepat pada variasi FA 25%. Pada FAS 0.50 waktu pengerasan beton segar paling lambat terdapat pada variasi FA 15%. Sedangkan pengerasan paling cepat terjadi pada variasi FA 20%. Pada FAS 0.55 *setting time* paling lama terjadi pada variasi tanpa campuran *fly ash*. Namun, lama waktu *setting time* pada variasi FA 25% pada FAS 0.55 ini tidak tergolong *setting time* lama (*long setting time*). adapun waktu pengerasan paling cepat pada FAS 0.55 yaitu pada variasi FA 10% dan FA 15%. Berdasarkan hasil pengujian *setting time* beton dengan campuran *fly ash* Nagari Raya menggunakan FAS 0.45 ; 0.50 dan 0.55 dengan variasi persentase 0% ; 5% ; 10% ; 15% ; 20% dan 25% menunjukkan *trend* diagram yaitu semakin tinggi persentase penambahan *fly ash* terhadap semen tidak membuat waktu pengikatan menjadi lebih lama secara berturut – turut. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengikatan dari keadaan plastis ke keadaan statis menjadi bervariasi dan menimbulkan adanya waktu pengikatan yang cepat walaupun jumlah *fly ash* bertambah.



Gambar 4. Setting Time FAS 0,45



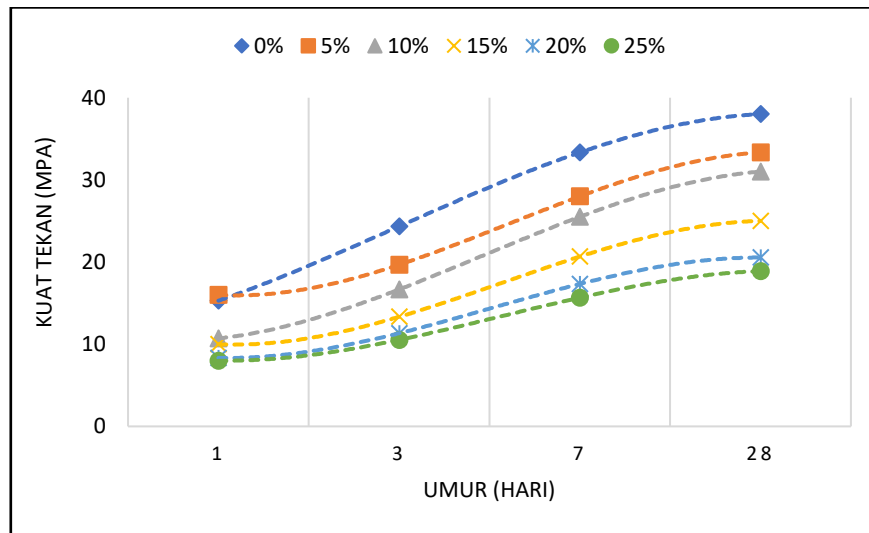
Gambar 5. Setting Time FAS 0,50



Gambar 6. Setting Time FAS 0,55

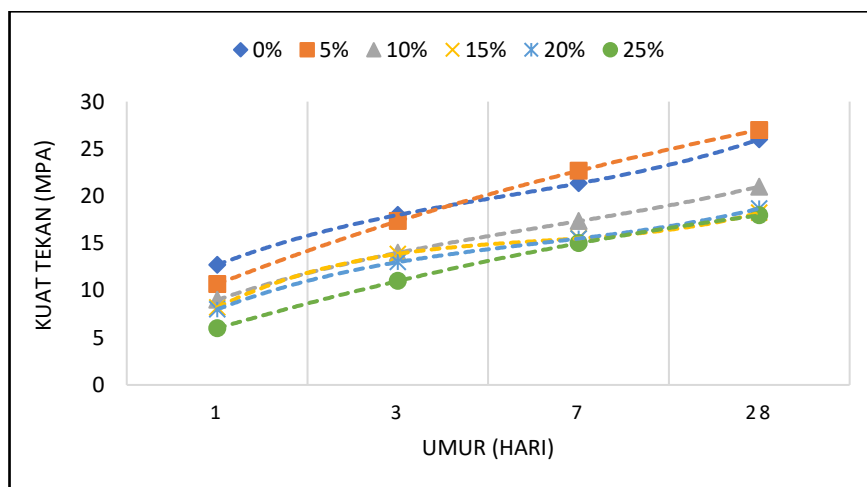
Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian pada FAS 0,45, kuat tekan tertinggi pada usia beton 28 hari terjadi pada variasi FA 0%. Dari gambar terlihat bahwa penambahan FANR dalam variasi persentase yang berbeda tidak memberikan kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal. Hal ini dikaitkan dengan penggunaan FANR yang menyebabkan penurunan *workability*. Namun, pengembalian nilai *workability* ke nilai semula dilakukan dengan penambahan air bukan dengan penggunaan *superplasticizer*. Sehingga memberikan penambahan volume air yang lebih banyak ke dalam campuran.



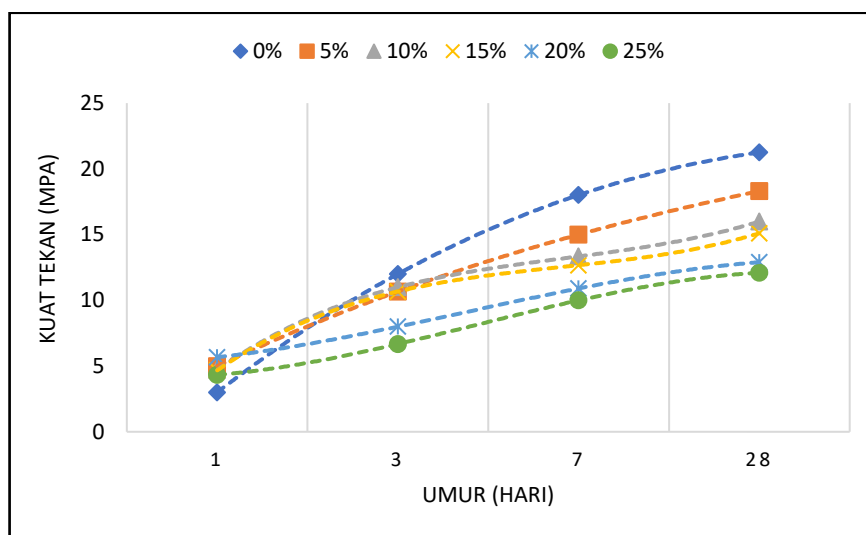
Gambar 7. Grafik Kuat Tekan FAS 0.45

Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan grafik kuat tekan dengan FAS 0,50. Terlihat bahwa kuat tekan tertinggi terjadi pada usia 28 hari dengan kondisi penggunaan FA 5% dari semen. Selain itu terlihat bahwa kuat tekan terus meningkat secara signifikan seiring dengan waktu. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik material *fly ash* yang masih bereaksi pada usia beton yang lebih lama. Selain itu, meskipun penggunaan FANR pada persentase yang lebih tinggi menunjukkan kuat tekan yang lebih rendah, namun kuat tekan yang terjadi masih terus meningkat dan dapat mencapai kuat tekan rencana. Menjadi pertimbangan bahwa pemanfaatan optimum FANR pada beton masih memungkinkan untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen.



Gambar 8. Grafik Kuat Tekan FAS 0.50

Hasil pengujian menunjukkan grafik kuat tekan dengan FAS 0.55 dengan kuat tekan tertinggi terjadi pada beton normal pada usia beton 28 hari. Terlihat bahwa penggunaan FANR memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton normal, namun penggunaan mereka sebagai pengganti semen masih sesuai dengan kuat tekan rencana. Kuat tekan ini terjadi dikarenakan sifat fisik dari *fly ash* yang masih mampu bereaksi di usia yang lebih lama. Meskipun kuat tekan tersebut dibawah kuat tekan normal.



Gambar 9. Grafik Kuat Tekan FAS 0.55

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa partikel FANR memiliki karakteristik bentuk seperti bola amorf yang berkontribusi sebagai *filler* pada *concavity* ikatan gel C–S–H dan akan memberikan kepadatan yang lebih baik pada beton normal, ramping dan berkabut yang menyerap banyak air semen sehingga berdampak terhadap *workability*.

Pada pengujian sifat mekanik beton, pada FAS 0,45 kuat tekan tertinggi pada usia beton 28 hari terjadi pada variasi FA 0%. Lalu, kuat tekan dengan FAS 0,50. Kuat tekan tertinggi terjadi pada usia 28 hari dengan kondisi penggunaan FA 5% dari semen. Sedangkan pada FAS 0.55, kuat tekan tertinggi terjadi pada beton normal pada usia beton 28 hari.

Meskipun penggunaan FANR pada persentase yang lebih tinggi menunjukkan kuat tekan yang lebih rendah, namun kuat tekan yang terjadi masih terus meningkat dan dapat mencapai kuat tekan rencana. Menjadi pertimbangan bahwa pemanfaatan optimum FANR pada beton masih memungkinkan untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen.

Daftar Pustaka

- ASTM C 618. (2014). "Designation: C618 – 12a Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete 1." doi: 10.1520/C0618-12a.
- Bagaskara, P.A. (2018). "Analisa Perencanaan Transportasi Limbah Pembakaran Batubara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Studi Kasus Wilayah Sumatera."
- Fauzi, A., Keliat.A.M., Majuar, E, Hajani, Mahyar,H., dan Fahmi. "Pengaruh Penggunaan Fly Ash PLTU Pangkalan Susu Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer."
- Hamdi Franky Edwin Paskalis Lapian Miswar Tumpu Mansyur Irianto Didik Suryamiharja SMabui Adri Raidyarto Ardi Azis Sila Masdiana Parea Rusan Rangan Hamkah, Fauzan. "Beton Teknologi"

- Indonesia, Standar Nasional, Badan Standarisasi, dan Nasional Bsn. *Metode Pengujian kuat Tekan Beton*.
- Iqbal N. (2023). “Pengaruh FAS Fly Ash Dan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton K225.”
- Kosmatka, Steven H., dan Michelle L. (Architectural engineer) Wilson. (2011). *Design and control of concrete mixtures : the guide to applications, methods, and materials*. Portland Cement Association.
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- SNI 03-6863-2002. *Metode Pengambilan Contoh dan Pengujian Abu Terbang atau Pozolan Alam Sebagai Mineral Pencampur dalam Beton Semen Portland*.
- SNI 1847. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.