

VARIASI PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Suhaimi¹, Mujibullah²

¹⁾ Prodi Teknik Sipil Universitas Almuslim, Matangglumpangdua, Bireuen

²⁾ Alumni Prodi Teknik Sipil Universitas Almuslim, Matangglumpangdua, Bireuen, Indonesia

Abstrak : Beton merupakan material konstruksi yang paling sering di pakai dan diminati karena merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk. Permasalahan dalam proses pembuatan beton adalah porositas, yaitu kurang padatnya suatu konstruksi beton. *Fly ash* adalah sisa pembakaran batubara dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berupa butiran halus, bundar tidak poros serta bersifat pozzolan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara nilai *slump* dengan kadar *fly ash*, mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan *fly ash* (abu terbang) terhadap kuat tekan beton, mengetahui persentase penambahan *fly ash* yang paling tinggi dari nilai kuat tekan masing-masing variasi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI atau *American Concrete Institute*. Hasil pengujian nilai *slump* masing-masing variasi benda uji diperoleh nilai *slump* beton normal (BN) sebesar 8 cm, untuk beton tambahan *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20% sebesar 10 cm, 7,5 cm, 3,5 cm. Semakin besar kadar *fly ash* yang ditambahkan, maka *slump* yang didapat juga semakin rendah. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap variasi benda uji adalah beton normal (BN), sebesar 19,68 MPa, untuk beton *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20% sebesar 21,48 MPa, 21,64 MPa, 22,39 MPa, 22,51 MPa. Nilai kuat tekan paling tinggi diperoleh pada penambahan *fly ash* 20% sebesar 14,38% dari beton normal.

Kata Kunci: *Fly ash*, faktor air semen (FAS) 0,5, *slump*, kuat tekan beton.

Abstract : Concrete is a material that is often used in the construction because it is as basic material that is easily formed. The problem in the process of making concrete is porosity when the construction has lost its density of concrete. Fly ash is the residue that results from the combustion of pulverized coal and it is produced by steam generating plants. Fly ash is in the form granular, round, not pivot and pozzolanic. The purpose of this study was to determine the relationship between the slump values on variation of fly ash level, to know the extent of the effect of fly ash addition on the compressive strength value of concrete, to know the highest percentage of fly ash addition on the compressive strength of each variation. This research used experimental method, and mixture design of concrete was using the *American Concrete Institute* method. The result showed that the slump value of normal concrete for each variation of the specimen was 8 cm, and the slump values of admixture concrete with fly ash of 5%, 10%, 15%, 20% were 10 cm, 7,5 cm and 3.5 cm, the highest level of fly ash added, the lower slump value obtained. The result of the compressive strength value of normal concrete for each variation of the specimen was 19.68 Mpa and compressive strength values of admixture concrete with fly ash of 5%, 10%, 15%, 20% were 21.48 MPa, 21.64 MPa, 22.39 MPa, and 22.51 MPa. The highest compressive strength of normal concrete was obtained from the addition level of fly ash of 20%, it was 14,38%.

Key Words: *Fly ash*, water cement ratio of 0,5, *slump*, compressive strength

1. PENDAHULUAN

Perkembangan rekayasa teknologi semakin maju di segala bidang, salah satunya di bidang konstruksi. Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan menggunakan bahan tambahan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat, Mulyono, (2004).

Pemilihan bahan tambah dalam pembuatan beton sangat penting untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan sesuai dengan kegunaan beton itu sendiri. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah dengan memanfaatkan limbah batubara berupa abu terbang *fly ash* yang berasal dari PLTU Nagan Raya. Abu terbang (*fly-ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara

atau bubuk batubara, ASTM C.618 (ASTM, 1995:304). Salah satu alternatif yang dilakukan untuk memanfaatkan abu terbang batubara dengan mengubah abu terbang tersebut menjadi campuran beton. Berdasarkan uraian di atas penulis bermaksud melakukan penelitian tentang sejauh mana pengaruh kuat tekan beton dan *workability* beton dengan menggunakan *fly ash* (abu terbang) sebagai bahan tambah (*additive*) mineral pada campuran beton dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abu Batubara (*Fly ash*)

Abu Terbang (*fly ash*) adalah butiran hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon, (Angelina eva lianasari, 2013).

Keuntungan memakai *fly ash* pada beton segar adalah dapat memperbaiki sifat pengerjaan adukan beton (*workability*), akibat bentuk partikelnya yang bundar, mengurangi jumlah air campuran yang dibutuhkan, mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi, sehingga baik untuk pembuatan beton massa karena dapat mengurangi terjadinya retak, dapat mengurangi dapat terjadinya segregasi atau *bleeding* (pemisahan kerikil dari adukan beton). Sedangkan memakai *fly ash* pada beton keras adalah dapat mempertinggi daya tahan terhadap lingkungan yang bersifat agresif, meningkatkan kerapatan beton, mengurangi penyusutan, mengurangi pengembangan yang disebabkan oleh reaksi alkali agregat, (Yogaswara, 1998). *Fly ash* mempunyai sifat-sifat yang sangat menguntungkan di dalam menunjang pemanfaatannya yaitu :

1) sifat Fisik

Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27%. *Fly Ash* umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang memiliki densitas 2,23 gr/cm³, dengan kadar air sekitar 4%. *Fly ash* memiliki *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Ukuran partikel abu terbang hasil

pembakaran batubara *bituminous* lebih kecil dari 0,075 mm. *Fly ash* memiliki luas area spesifiknya 170-1000 m²/kg. Ukuran partikel rata-rata abu terbang batu bara jenis sub bituminous 0,01 mm – 0,015 mm, luas permukaannya 1-2 m²/g, bentuk partikel *mostly spherical*, yaitu sebagian besar berbentuk bola, sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik, (Nugroho, P dan Antoni, 2007).

2) Sifat Kimia

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, teknik penyimpanan, dan penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan *sub-bituminous* menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada jenis bituminous. Komponen utama *fly ash* batubara adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium (CaO); dan magnesium, potassium, sodium, titanium, dan belerang dalam jumlah yang sedikit. Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang tergantung tipe batubara.



Gambar 2.1. Abu Batubara (*fly ash*)

2.3 Pengujian *Slump*

Dikembangkan oleh Chappmant dari AS tahun 1913. Metode paling murah dan mudah mengukur kekentalan campuran. Alat Uji berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm atau 4 “diameter bawah 20 cm atau 8” dan tinggi 30 cm atau 12 . Cara pengujian dengan memasukkan 1/3 beton segar ke dalam kerucut kemudian di ketuk sebanyak 25 kali begitu seterusnya sampai penuh, kemudian kerucut diangkat perlahan ke atas dengan memegang kupingnya dalam waktu 5-7 detik, kemudian dihitung perbedaan tinggi. Nilai *slump* diatur dan direncanakan berdasarkan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar dapat dengan mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Untuk pekerjaan balok beton, penggunaan nilai *slump* yang tinggi dapat

digunakan. Hal ini juga disebutkan dalam ACI 211.1-91, (Murdock dan Brook 1999).



Gambar 2.2 Slump Test

2.3 Kuat Tekan

Menurut Dipohusodo (1994), kuat tekan beton merupakan sifat yang paling utama dan mencerminkan kemampuan beton yang dipakai dalam perencanaan struktur beton. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yaitu proses pencampuran, perbandingan campuran, perbandingan jumlah air terhadap jumlah FAS, tingkat kepadatan, umur, jenis semen, dan metode perawatannya.

Besarnya nilai kuat tekan yang terjadi dapat dihitung dengan Persamaan 2.2, (Wang dan Salmon 1990).

$$\bar{\sigma} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- $\bar{\sigma}$ = tegangan beton yang timbul (MPa)
- P = besar beban yang bekerja (N)
- A = luas tampang benda uji (mm²)



Gambar 2.3 Pengujian kuat tekan beton

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental, dalam metode ini akan dijabarkan

dalam setiap langkah-langkah penelitian. Langkah penelitian ini akan dimulai dengan dengan studi literatur, dilanjutkan dengan penyiapan peralatan, pemeriksaan material, rancangan proporsi campuran beton, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian benda uji dan analisa data.

3.1 Bahan dan Peralatan yang Digunakan

3.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Semen
Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I dalam keadaan baik dan tertutup rapat.
- b) Agregat
Agregat halus berupa pasir yang lolos ayakan no. 4 (dengan ukuran butir maksimum sebesar 5 mm), sedangkan agregat kasar berupa kerikil dengan ukuran butir maksimum sebesar 20 mm. Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari Kecamatan Samalanga.
- c) Air
Air berasal dari Laboratorium Teknik Bahan Bangunan Fakultas Teknik Almuslim.
- d) Bahan Tambah
Bahan tambah dalam penelitian ini yaitu Abu batubara berupa abu terbang (*fly ash*), *fly ash* yang digunakan dalam penelitian diambil dari industri PLTU Suak Puntong Kabupaten Nagan Raya.

3.1.2 Peralatan Yang Digunakan

Beberapa Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan benda uji, peralatan untuk pengecoran dan pemeriksaan adukan beton segar serta pengujian sifat mekanis beton adalah :

1. Timbangan,
2. Piknometer
3. Kereta sorong
4. Ayakan dan Mesin *Siever*,
5. Oven,

6. Mesin Pengaduk Beton (Molen),
7. *Slump Test Apparatus* (Kerucut *Abrams*),
8. Mistar dan Jangka Sorong,
9. Cetakan kubus Beton,
10. Tongkat Penumbuk,
11. Bak Air,
12. Mesin Uji kuat Tekan (*Compresion Test Mechine*) MBT kapasitas 1500 KN.

Semua peralatan tersebut tersedia di Laboratorium Teknologi Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim Peusangan.

3.2 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim Peusangan. Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap yaitu:

1. Pemeriksaan bahan campuran beton,
2. Perencanaan campuran (*mix design*),
3. Pembuatan benda uji,
4. Pemeliharaan benda uji (*curing*),
5. Pengujian kuat tekan dan
6. Analisis hasil penelitian.

3.3 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pengujian dan pemeriksaan bahan campuran beton terdiri dari :

1. Analisis saringan agregat kasar dan agregat halus,
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar,
3. Kadar air agregat halus dan agregat kasar,
4. Berat volume agregat kasar dan agregat halus,
5. Kadar lumpur agregat halus dan,
6. Kandungan zat organik dalam agregat halus.

3.4 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Rencana campuran beton bertujuan untuk menentukan jumlah masing-masing bahan. Pada penelitian ini menggunakan metode ACI 211.4R Sampel dibuat dengan faktor air semen (FAS) 0,5. Perencanaan campuran beton dengan semen *Portland* dan *fly ash* ini dapat digunakan menentukan proporsi campuran beton.

3.5 Pembuatan Benda Uji

Tahap pembuatan benda uji terdiri dari pencetakan beton sebanyak 4 sampel untuk setiap variasi *fly ash*, cetakan benda uji yang dipakai berbentuk kubus berukuran 15 cm x 15 x 15 cm. Pada tabel 3.1 berikut dapat dilihat jumlah benda uji dan variasi persen *fly ash* yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 3.1. Benda uji beton dan variasi persen *fly ash*

No	Benda Uji	Persentase <i>Fly ash</i>	Sampel
1	BN	0 %	5
2	BF I	5 %	5
3	BF II	10 %	5
4	BF III	15 %	5
5	BF IV	20 %	5
Total sampel			25

Sumber : Penulis

4. HASIL PENGUJIAN

4.1 Pemeriksaan sifat fisis material

Untuk keperluan perencanaan campuran beton maka dilakukan pemeriksaan sifat fisis material pembentuk beton.

a) Berat jenis dan absorpsi

Hasil lengkap perhitungan berat jenis dan absorpsi untuk agregat halus (pasir) diperlihatkan pada Lampiran B.2. Pengukuran berat jenis dan absorpsi yang diperoleh diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil perhitungan berat jenis dan absorpsi.

No	Jenis Agregat	Berat Jenis (<i>specific gravity</i>)		Absorpsi (%)
		SG (SSD)	SG (OD)	
1	Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>)	2,491	2,583	3.825
2	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	1,622	1,863	1.505
3	Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	1,826	1,782	2.484

b) Susunan butiran agregat

Data dari analisa saringan digunakan untuk melihat susunan butiran agregat yang

akan digunakan dalam campuran beton. Fineness modulus yang baik adalah apabila memenuhi ketentuan ASTM yaitu diantara 2,4 – 4,2 untuk pasir kasar dan diantara 2,2 – 2,6 untuk pasir halus. Hasil perhitungan susunan butiran diperlihatkan pada Lampiran A.3. Nilai fineness modulus dari analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 4.2. Dari data hasil perhitungan fineness modulus agregat, didapatkan nilai fineness modulus sebesar 6.041 untuk pasir kasar 2.588 untuk pasir halus 2.091.

Tabel 4.2. Nilai fineness modulus agregat.

No	Jenis Agregat	Fineness Modulus
1	Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>)	6,041
2	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	2,091
3	Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	3,588

c) Kandungan bahan organik

Dalam pemeriksaan kadar organik tidak dilakukan perhitungan. Disini hanya dilakukan pemeriksaan terhadap perubahan warna, dari hasil pengujian kadar organik pada agregat halus dengan larutan natrium hidroksida (3%) maka hasil yang didapat menunjukkan bahwa warna larutan yang timbul adalah berwarna kuning muda (terang). Hal ini menandakan bahwa agregat halus yang digunakan untuk campuran beton termasuk dalam kategori tidak mengandung bahan organik berlebihan dan dapat digunakan untuk campuran beton.



Gambar 4.1 Hasil pemeriksaan kandungan bahan organik pada pasir

d) Pemeriksaan berat volume agregat (Bulk density)

Sebagaimana yang dikemukakan oleh Orchard, agregat yang digunakan dalam

penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai material pembentuk beton, berat volume agregat halus yang baik adalah lebih besar dari 1,445 kg/l. Hasil lengkap perhitungan berat volume (Bulk density) agregat diperlihatkan pada Lampiran B.1. Pengukuran berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap jenis agregat diperlihatkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan berat volume.

No	Jenis Agregat	Berat Volume (kg/l)
1	Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>)	1,690
2	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	1,640
3	Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	1,676

1. Slump

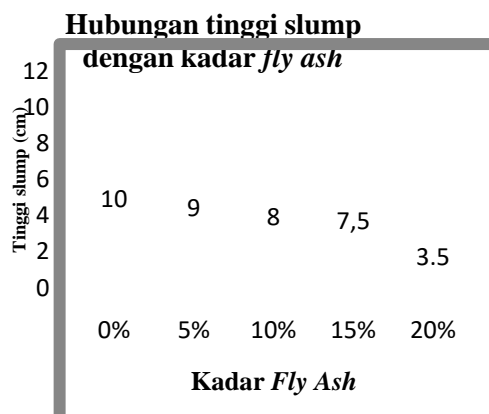
Berdasarkan tabel hasil pengujian *slump* gambar grafik 4.2 halaman 34 dapat dilihat bahwa hasil nilai *slump* untuk setiap variasi benda uji, dimana beton normal (BN) memiliki nilai *slump* sebesar 8 cm, beton *fly ash* 5% (BF I) sebesar 10 cm, beton *fly ash* 10% (BF II) sebesar 9 cm, beton *fly ash* 15% (BF III) sebesar 7,5 cm dan beton *fly ash* 20% (BF IV) sebesar 3,5 cm. Berdasarkan hasil pengujian *slump* dapat diketahui bahwa nilai *slump* terjadi penurunan, besar penurunan masing-masing variasi sebesar 9 cm, 8 cm 7,5 cm, 3,5 cm dengan persentase penurunan 10%, 20%, 25%, 65% dari nilai *slump* beton normal.

Untuk mengetahui *workability* beton yaitu berdasarkan nilai *slump*, semakin besar nilai *slump* maka semakin meningkat nilai *workability* beton, semakin kecil nilai *slump* maka semakin menurun nilai *workability* beton. Berdasarkan hasil pengujian *slump* dapat disimpulkan bahwa *workability* beton terjadi penurunan dari *slump* beton normal.

Fenomena penurunan nilai *workability* disebabkan karena bahan tambah yang digunakan berupa abu yang halus lolos ayakan No. 200. Akibat partikelnya yang bundar dan halus sehingga menyebabkan campuran menjadi lebih padat (kental).

Tabel 4.4. Hasil pengujian *slump* untuk setiap variasi benda uji

NO	Kode Benda Uji	Keterangan	Nilai <i>Slump</i> <i>P</i> (Cm)
1	BN	Beton Normal	10
2	BF I	Beton <i>Fly Ash</i> 5%	9
3	BF II	Beton <i>Fly Ash</i> 10%	8
4	BF III	Beton <i>Fly Ash</i> 15%	7,5
5	BF IV	Beton <i>Fly Ash</i> 20%	3,5



Gambar 4.2. Grafik Hubungan nilai *slump* dengan kadar *fly ash*.

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

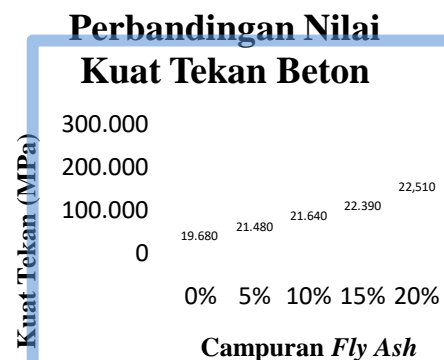
Berdasarkan data hasil uji kuat tekan pada tabel 4.5 dan gambar 4.3 grafik kuat tekan, diketahui bahwa hasil pengujian kuat tekan beton, benda uji beton normal (BN) menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 19,68 MPa, untuk benda uji beton *fly ash* 5% (BF I) sebesar 21,48 MPa, untuk benda uji beton *fly ash* 10% (BF II) sebesar 21,64 MPa, untuk benda uji beton *fly ash* 15% (BF III) sebesar 22,39 MPa dan untuk benda uji beton *fly ash* 20% (BF IV) sebesar 22,51 MPa.

Berdasarkan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa beton yang menggunakan *fly ash* mengalami peningkatan kuat tekan beton, besar peningkatan masing-masing sebesar 9,14%, 9,95%, 13,77%, 14,38% dari beton normal. Fenomena peningkatan nilai kuat tekan ini terjadi dengan adanya penambahan *fly ash* dalam adukan beton, karena *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika

seperti halnya semen, sehingga mengakibatkan peningkatan kerapatan beton yang akhirnya menyebabkan peningkatan nilai kuat tekan beton

Tabel 4.5. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata (MPa).

NO	Kode Benda Uji	Keterangan	Nilai Pengujian Kuat Tekan	
			Kg/Cm ²	Mpa
1	BN	Beton Normal	200,67	19,68
2	BF I	Beton <i>Fly Ash</i> 5%	219,03	21,48
3	BF II	Beton <i>Fly Ash</i> 10%	220,64	21,64
4	BF III	Beton <i>Fly Ash</i> 15%	228,34	22,39
5	BF IV	Beton <i>Fly Ash</i> 20%	229,49	22,51



Gambar 4.3. Grafik hasil pengujian kuat tekan benda uji umur 28 hari untuk setiap variasi benda uji

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar kadar *fly ash* yang ditambahkan, maka *slump* yang didapat juga semakin rendah.
2. Hasil pengujian nilai *slump* masing-masing variasi benda uji diperoleh nilai *slump* beton normal (BN) sebesar 8 cm, untuk beton tambahan *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20% sebesar 10 cm, 7,5 cm, 3,5 cm.

3. Semakin besar kadar *fly ash* yang ditambahkan, maka kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat.
4. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap variasi benda uji adalah beton normal (BN), sebesar 19,68 MPa, untuk beton *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20% sebesar 21,48 MPa, 21,64 MPa, 22,39 MPa, 22,51 MPa.
5. Besar peningkatan masing-masing sebesar 9,14%, 9,95%, 13,77%, 14,38% dari beton normal. Nilai kuat tekan paling tinggi diperoleh pada penambahan *fly ash* 20% sebesar 14,38% dari beton normal.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Dapat mencoba melakukan studi perbandingan *fly ash* dari PLTU Nagan Raya dengan *fly ash* tempat lain
2. Perlu memperhatikan nilai Fas
3. Dapat mencoba menambahkan variasi *fly ash* diatas 20%
4. Dapat mencoba menambahkan zat aditif cairan untuk mengembalikan nilai *slump* yang hilang dan kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrams, D.A., 1918, Design of Concrete Mixtures, Lewis Institute, Structural Materials Research Laboratory, Chicago.
- ACI Committee 226. 1989. *Use of Fly Ash in Concrete*.
- Anonim. 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI-2), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- Anonim, 2011, *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil*, Fakultas Teknik Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh.
- Angelina eva lianasari, 2013, *Penggunaan Limbah Bubur Kertas Dan Fly Ash Pada Batako*, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, <http://sipil.ft.uns.ac.id/konteks7/prosiding/202M.pdf>.
- ASTM C-128. 2012. Gravity and Absorption of Fine Aggregate (FA), ASTM Concrete Laboratory Testing, ASTM International, USA].
- ASTM C-127. 2012. Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate (CA), ASTM Concrete Laboratory Testing, ASTM International, USA.
- D.F. Orchard. 1979. Concrete Technology – Properties and Materials, Applied Science Publishers Ltd, London.
- Dipohosodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dewi Rara Wiyati Syaka, 2013, *Pembuatan Beton Normal dengan Fly ash Menggunakan Mix Design yang Dimodifikasi*, Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Longman, G. D. Taylor. 2002. Material in Construction Principles, Practice and Performance. The Chartered Institute of Building.
- Laintarawan, I Putu. 2009. *Struktur Beton Pratekan*, Universitas Hindu Indonesia, Denpasar.
- Murdock, L.J., dan K.M., Brook. 1999. *Bahan dan Praktek Beton, terjemahan Stephanus Hendarko*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.

- Newman, K. 1965. Properties of Concrete, Structural Concrete, 2(11), 451-82.
- Nugraha, P., Antoni. 2007. *Teknologi beton*, Andi, Yogyakarta.
- Sagel, R. & H. Kesuma, Gideon. 1997, *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Subakti, Aman. 1995. *Teknologi Beton dalam Praktek*. Surabaya Teknik Sipil ITS.
- Tjokrodimulyo. 1992. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.
- Wang, C.k., dan Salmon, C.G. 1994. *Desain Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta.