



JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP *SETTING TIME* DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* PLTU NAGAN RAYA**
(Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal)
2. **PERENCANAAN *BOX GIRDER* PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH**
(Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar)
3. **RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT *REVIEW DESIGN* PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR**
(Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah)
4. **STABILISASI TANAH LEMPUNG *QUARRY COT TANOH MIRAH* KOTA LHOKEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM**
(Karrimuddin, Gusrizal, Miswar)
5. **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300**
(Megawati, Syamsul Bahri, Fajri)
6. **STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK**
(Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah)
7. **EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000)**
(Rio Maulana, Syarwan, Iskandar)
8. **ANALISIS UJI PARAMETER *MARSHALL LASTON AC-BC* DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE)**
(Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri)
9. **ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000)**
(Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif)
10. **DESAIN TEBAL PERKERASAN *RIGID PAVEMENT* DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan)**
(Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan)

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Lhokseumawe

Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

Dewan Editor:

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	(Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Muliadi, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Malikussaleh)
Syarwan, S.T., M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Malikussaleh)

Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

Alamat:

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

DAFTAR ISI

Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH PLTU NAGAN RAYA (Awang Darmawan, Sulaiman Yh, Faisal Rizal).....	1-9
PERENCANAAN <i>BOX GIRDER</i> PADA JEMBATAN KRUENG CUT KOTA BANDA ACEH (Cut Chairiyah, Syukri, Khairul Miswar).....	10-17
RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN AKIBAT <i>REVIEW DESIGN</i> PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-PEUNARON KABUPATEN ACEH TIMUR (Endar Puspianto, Chairil Anwar, Abdullah Irwansyah).....	18-21
STABILISASI TANAH LEMPUNG <i>QUARRY COT TANO</i>H MIRAH KOTA LHOKEUMAWE ACEH DENGAN MENGGUNAKAN ABU KELAPA SAWIT BERDASARKAN UJI CBR LABORATORIUM (Karrimuddin, Gusrizal, Miswar).....	22-28
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT NYLON LIMBAH PUKAT TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON K-300 (Megawati, Syamsul Bahri, Fajri).....	29-35
STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN ADITIF LIMBAH KANTONG PLASTIK (Mita Nurlita, Mulizar, Teuku Riyadsyah).....	36-42
EVALUASI JENIS KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus Jalan Banda Aceh-Medan Km 205+000-210+000) (Rio Maulana, Syarwan, Iskandar).....	43-51
ANALISIS UJI PARAMETER <i>MARSHALL LASTON AC-BC</i> DENGAN PENAMBAHAN BAHAN POLIMER JENIS PET (POLIETHYLENE TEREPHTHALATE) (Sari Pertiwi, Zairipan Jaya, Gustina Fitri).....	52-60
ANALISIS SURVEY KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA (Studi Kasus Jalan Bireuen-Takengon KM 233+000 – 238+000) (Syahrul Ramadhan, Rosalina, Hanif).....	61-68
DESAIN TEBAL PERKERASAN <i>RIGID PAVEMENT</i> DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (Studi Kasus Jalan Lalu Lintas Rendah pada Jalan Bunga Cempaka Kecamatan Medan Selayang Kota Medan) (Teuku Regzi Irastu, Hanafiah Hz, Syarifah Keumala Intan).....	69-75
Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah.....	76

JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

PENGANTAR REDAKSI

Assalamualaikum wr wb.

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Tugas Akhir dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 03 Nomor 01 Edisi Maret 2020 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi

PENGARUH ALKALI AKTIFATOR TERHADAP SETTING TIME DAN KUAT TEKAN UMUR AWAL MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH PLTU NAGAN RAYA

Awang Darmawan¹, Sulaiman Yh², Faisal Rizal³

¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: awangdarmawan31@gmail.com

²⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: sulaiman_yh@pnl.ac.id

³⁾ Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: faisalrizal@pnl.ac.id

ABSTRAK

Mortar geopolimer adalah salah satu alternatif untuk mengganti mortar yang menggunakan semen yang kurang ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana percepatan setting time mortar geopolimer dan untuk mengetahui nilai kuat tekan umur awal pada mortar tersebut yang menggunakan berbagai perbandingan alkali aktifator. Perbandingan komposisi yang digunakan antara lain alkali aktifator dengan agregat adalah 30% : 70%, agregat terdiri dari pasir dan *fly ash*. Variasi alkali aktifator NaOH dengan Na_2SiO_3 adalah 1:2,5, 1:3, dan 1:3,5. Larutan alkali dari NaOH 8M dan Na_2SiO_3 adalah 30% : 70%. Dalam penelitian ini, benda uji yang digunakan adalah mortar geopolimer *fly ash* yang berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm, dengan jumlah benda uji masing-masing komposisi nya adalah 12 benda uji. Tiga komposisi mortar dengan dua perawatan yaitu pertama menggunakan suhu ruang dan di oven dengan suhu 80°C selama 6 jam. Kuat tekan rata-rata kondisi suhu ruang di umur 7 hari adalah 5,40 MPa dan kuat tekan dengan kondisi di oven selama 6 jam adalah 6,25 MPa. Sehingga kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* ini masuk kategori persyaratan mortar tipe K yaitu mortar dengan persyaratan paling rendah dengan kuat tekan minimumnya adalah 5,25 MPa. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan molaritas NaOH dan perbandingan *fly ash* dengan alkali solution sebesar 1, agar lebih baik dan memenuhi standar yang telah ditentukan.

Kata kunci: mortar geopolimer, geopolimer, *fly ash* dan mortar *fly ash*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini pembangunan sangat meningkat khususnya dibidang konstruksi. Pembangunan konstruksi sangat erat kaitannya dengan penggunaan material semen untuk dijadikan beton segar. Bertolak dari meningkatnya penggunaan material semen membuat para perusahaan memproduksi semen secara besar-besaran. Akibat dari produksi semen secara besar-besaran membuat perubahan iklim terjadi pada atmosfer dan menimbulkan efek pemanasan global.

Dalam 2 dekade terakhir telah banyak di lakukan penelitian untuk mencari material alternatif sebagai pengganti semen portland salah satunya adalah penelitian tentang mengenai pengembangan, pembuatan, perilaku, dan aplikasi mortar Geopolimer Low-Calcium *Fly Ash* yang telah dilakukan. Mortar Geopolimer merupakan yang tidak menggunakan semen, sebagai gantinya, mortar tersebut menggunakan abu terbang rendah kalsium (Low-Calcium *Fly Ash*) hasil pembakaran dari pembangkit listrik tenaga batubara, sebagai sumber bahan pengikat pada mortar.

Manfaat penelitian ini adalah adanya gambaran mengenai kelayakan pemanfaatan *fly ash* yang berasal dari PLTU Nagan Raya sehingga dapat sebagai acuan penelitian-penelitian lebih lanjut.

A. Mortar Geopolimer

Mortar Geopolimer adalah mortar dengan bahan pengikat yang sepenuhnya tidak menggunakan semen sebagai pengikat, tetapi menggunakan *fly ash* sebagai pengganti karena

kandungan silika dan aluminanya sangat tinggi. *Fly ash* yang digunakan diaktifkan dengan larutan alkali berupa Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat sebagai katalisatornya. Penelitian ini bertujuan mempelajari dan melihat pengaruhnya dari pengerjaan dan pengujian kuat tekan mortar geopolymer serta pengaruhnya akibat variasi faktor air binder untuk diaplikasikan sebagai bahan repair material (Veliyati, 2010). Adapun kelebihan mortar geopolimer yaitu tahan terhadap serangan asam sulfat, mempunyai rangkai dan susut yang kecil, tahan terhadap reaksi alkali-silika, tahan terhadap api, mengurangi polusi udara. Disamping kelebihan Geopolymer Mortar juga memiliki kekurangan diantaranya pembuatannya sedikit lebih rumit dari mortar konvensional karena jumlah material yang digunakan lebih banyak daripada konvensional serta belum ada perhitungan mix design yang pasti (Veliyati, 2010).

Geopolimer yang berbahan dasar low-calcium *fly ash* (tipe F) sulit untuk diaplikasikan pada elemen struktur beton bertulang yang dilakukan pengecoran setempat. Selama ini geopolimer beton terbatas pada elemen struktur beton pracetak, hal ini dikarenakan karena pada proses pembuatan geopolimer berbahan dasar low-calcium fly ash (tipe F) diperlukan perawatan mortar dengan cara dipanaskan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai 80°C . Adapun pada penelitian ini akan dicoba untuk mencari solusi pembuatan geopolimer mortar yang dirawat dengan suhu ruangan dengan menambahkan semen portland dengan persentase tertentu kedalam campuran mortar geopolimer.

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian tentang beton geopolimer yang berkaitan tentang *fly ash*, salah satu penelitian tersebut antara lain adalah oleh Ekaputri dan Triwulan (2013), melakukan penelitian tentang sodium sebagai aktifator *fly ash*, trass dan lumpur sidarjo dalam beton geopolimer, hasil dari penelitian ini menunjukkan perbandingan berat Na_2SiO_3 dan larutan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan dan kuat belah yang tinggi pula, sedangkan semakin tinggi molaritas yang digunakan, maka semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat belah yang dihasilkan. Beton geopolimer yang menggunakan molaritas 14 M menghasilkan kuat tekan yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton geopolimer dengan molaritas yang lebih rendah.

B. *Low Calcium Fly ash Tipe F*

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbetuk halus, bundar, serta bersifat pozzolanik. Sedangkan *pozzolan* suatu bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan alumina yang reaktif (SNI 03-6863-2002). Sifat pozzolanik (sifat seperti semen) yang terkandung pada *fly ash* inilah yang menjadi dasar digunakan *fly ash* sebagai bahan dasar geopolimer.

Fly ash tipe F merupakan abu terbang yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran antrasit atau bituminus batubara. Abu terbang tipe F mempunyai kadar total dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 kurang dari 70%. Kadar CaO abu terbang tipe F kurang dari 5%. Dalam campuran beton, jumlah abu terbang yang digunakan sebanyak 15%-25% dari berat silinder.

C. *Alkali Aktifator*

Dalam pembuatan *Fly ash* geopolymer mortar, aktifator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu Sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) digunakan sebagai alkali aktifator. Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. (Hardjito, dkk, 2004). Reaksi terjadi secara lebih cepat pada alkali yang banyak mengandung larutan sodium silikat dibandingkan dengan larutan alkali yang banyak mengandung larutan sodium hidroksida.

Tabel 1. Komposisi Oksida Fly ash Kelas F.

Oksida	Flay ash tipe F %
SiO ₂	52,30
Al ₂ O ₃	26,57
Fe ₂ O ₃	7,28
CaO	6,00
Na ₂ O	1,41
SO ₃	0,70
K ₂ O	0,73
MgO	2,13
LOI	1,18

Sumber : Simatupang (2013).

Pada prinsipnya, semakin besar konsentrasi aktifator alkali semakin besar kekuatan mekanika material. Namun, hal tersebut tergantung material dasar yang digunakan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa *fly ash* kelas F ternyata memiliki suatu nilai threshold kekuatan material fasa mortar sebagai fungsi konsentrasi alkali aktifator (Adam dkk.2009).

D. Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002 (2002: 171), agregat halus adalah berupa pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami atau pasir buatan yang terbentuk dari pecahan batu gunung dengan butir lolos saringan 4,8 mm. Serta sudah sesuai dengan standar yang disyaratkan pada SNI.

E. Setting Time

Secara umum, pengaturan waktu geopolimer dipengaruhi oleh sumber bahan, larutan alkali dan proposi campuran. Bahan sumber dengan rasio Si / Al yang tinggi menyediakan konten pengaturan waktu yang lebih lama dalam geopolimer.

II. METODOLOGI

A. Material

Material dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pasir
2. Fly Ash
3. Sodium Hidroksida (NaOH 8M)
4. Sodium Silikat (Na₂SiO₃)

B. Metode Analisa Material

Analisa dilakukan untuk memastikan bahwa material-material yang digunakan telah memenuhi syarat ASTM. Kegiatan analisa material meliputi Agregat Halus, dan *Flay ash* agar memenuhi persyaratan dan siap untuk memulai penelitian ini.

1. Pasir (Agregat Halus)

Agregat Halus atau Pasir yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari Krueng Mane, Aceh Utara, Agar agregat halus layak dipakai dalam penelitian mortar geopolimer ini maka dilanjutkan pemeriksaan uji agregat halus. Sesuai dengan persyaratan pada ASTM C 33-97.

a. Pengujian Kadar Air Pada Pasir dan Fly ash (ASTM C 128-010)

Tujuan untuk mengetahui kadar air yang diperoleh dari pasir (agregat halus).

Rumus yang digunakan untuk mengetahui kadar air sebagai berikut.

$$\text{Kandungan air agregat} \frac{A1-A2}{A2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: A1 = Berat contoh semula (gram);
A2 = Berat contoh kering (gram).

- b. Pengujian Kadar Organik Terhadap Pasir dan Fly ash (ASTM C 40-04)
Tujuan untuk mengetahui atau menentukan kadar organik dalam agregat yang digunakan didalam adukan mortar .
Tambahkan larutan NaOH 3% sampai 200 ml dan tutup rapat dan kocok \pm 10 menit.
- c. Pengujian Kadar Lumpur Pasir (ASTM C 117-03)
Tujuan untuk mengetahui atau menentukan banyaknya kadar lumpur dalam pasir.
Rumus yang digunakan untuk mengetahui kadar lumpur pada agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini,

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{A1-A2}{A1} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : A1 = Berat kering oven sebelum dicuci,
A2 = Berat kering oven setelah dicuci.

2. *Flay Ash* (Agregat Halus)
Ageragat Halus atau Abu Batu Bara yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari PLTU. Nagan Raya yang berlokasi di daerah Nagan Raya. Agar agregat halus layak dipakai dalam penelitian mortar geopolimer *Flay ash* Low-Calcium (tipe F) ini maka dilanjutkan pemeriksaan uji agregat halus. Sesuai dengan persyaratan pada ASTM.
3. Sodium Hidroksida
Sodium Hidroksida (NaOH) berasal dari kristal NaOH yang dilarutkan dengan air bersih dengan molaritas 8M larutan ini sebagai alkali aktifator yang akan beraksi dengan silika dan alumina pada *fly ash*.
4. Sodium Silikat
Sodium Silikat BE 52 bertekstur cair dan kental, dapat Sodium Silikat berfungsi sebagai katalisator dari natrium hidrosikda.

C. *Pengujian Setting Time*

Pengaturan waktu diselidiki untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk larutan alkali dalam campuran geopolimer segar dari fluida ke kondisi plastis (pengaturan awal) dan dilanjutkan ke kondisi mengeras (Pengaturan akhir). Pengaturan waktu itu diukur oleh peralatan Vicat sesuai dengan standar ASTM C191 dan AASHTO 131.

Prosedur uji pengaturan waktu dilakukan dengan menuangkan campuran geopolimer segar kedalam cetakan kerucut sepenuh nya dan meratakan kelebihan campuran geopolimer segar dari permukaan. Pengukuran penetrasi direkam setiap 15 menit hingga mencapai pengaturan waktu awal dan setiap 10 menit hingga mencapai pengaturan waktu akhir. Ini dilakukan untuk memantau pengaturan waktu cepat dalam sistem geopolimer. Inisial pengaturan waktu tercapai pengukuran penetrasi 25 mm dan pengaturan waktu tercapai pada pengukuran penetrasi 50 mm.

D. *Flow Table*

Tujuan flow table test untuk menentukan konsistensi mortal yang dibuat dari fly ash, alkali aktivator, air dan pasir.

Di dalam laboratorium, pengujian konsistensi/keleccakan ini biasanya diukur dengan suatu alat tertentu yang sering disebut dengan flow table, dimana mortar itu harus memiliki

derajat kecairan (flow) yang tertentu. Alat yang dipakai berupa suatu plat datar dari logam, yang dapat diangkat dan dijatuhkan bebas setinggi kurang lebih $\frac{1}{2}$ inchi, sebanyak 25 kali dalam waktu 15 detik. Diameter mortar sebelum dan sesudah plat tadi dijatuhkan 25 kali diukur kembali. Mortar yang sifat lecahnya baik, perlu memiliki derajat, kecairan (flow) antara 110% - 120%. Konsistensi mortar ditunjukkan oleh terjadinya aliran (flow) setelah diberi ketukan. Konsistensi mortar dinyatakan dalam persen flow yaitu :

$$\text{Flow} = \frac{D_1 - D_0}{D_0} = 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

D_0 = Diameter mortar pada waktu dicetak

Diameter bawah cetakan (± 10 cm)

D_1 = Diameter mortar setelah selesai ketukan, diukur paada 4 posisi dan dihitung harga rata-rata.

E. Penentuan Komposisi Campuran

Untuk mendapatkan hasil kuat tekan maksimal pada mortar geopolimer menggunakan *Flay ash* Low-Calcium (tipe F) ini diperlukan beberapa percobaan dari segi komposisi maupun teknik pelaksanaannya. Komposisi terdiri dari beberapa komposisi bahan material atau mix design seperti pasir dan fly ash. Sedangkan aktivatornya yaitu larutan alkali berupa NaOH 8M dan Na_2SiO_3 . Dalam penelitian ini, penggunaan aktivatornya dibuat bervariasi yaitu perbandingan 1:2,5, 1:3, dan 1:3,5 terhadap berat volume karena bertujuan untuk menentukan nilai kuat tekan tertinggi terhadap pengaruh perbandingan alkali aktivator.

Tabel 2. Kode benda uji, perbandingan NaOH dengan Na_2SiO_3 dan jumlah benda uji.

Rasio	NaOH (gram)	Na_2SiO_3 (gram)	Fly Ash (gram)	Pasir (gram)	Jumlah Benda Uji
2,5	110,91	277,28	1200	600	12
3	101,46	286,74	1200	600	12
3,5	86,27	301,93	1200	600	12

Penjelasan Kode benda uji untuk masing-masing variasi adalah sebagai berikut :

R 2,5 = Mortar geopolimer menggunakan aktivator NaOH 1:2,5 Na_2SiO_3 .

R 3 = Mortar geopolimer menggunakan aktivator NaOH 1:3 Na_2SiO_3 .

R 3,5 = Mortar geopolimer menggunakan aktivator NaOH 1:3,5 Na_2SiO_3 .

F. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini akan digunakan 1 kelompok campuran, pengelompokan ini berdasarkan molaritas larutan NaOH yang akan digunakan. Benda uji untuk pengujian kuat tekan, dan kuat lentur berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Setiap *Mix design* dibuat 3 benda uji sehingga untuk pengujian tersebut akan dibuat 12 buah benda uji. Untuk lebih jelas jumlah benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 1.

G. Perawatan Benda Uji

Untuk proses perawatan (Curing) akan dilakukan 2 metode selama 7 hari dengan perawatan berbeda. Dengan metode perawatan sebagai berikut:

1. Benda uji di oven selama 6 jam dalam suhu 80°C
2. Benda uji dirawat dalam suhu ruang selama 1, 3, dan 7 hari

H. Tes Kuat Tekan

Tujuan untuk mengetahui kekuatan tekan mortar geopolimer terhadap pembebanan dengan menggunakan alat mesin UTM (*ELE*).



Gambar 1. Universal testing machine (*ELE*) di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Tes kuat tekan dilakukan pada mortar geopolimer umur 1, 3 dan 7 hari dengan alat tes kuat tekan di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Untuk setiap tes kuat tekan, digunakan 4 benda uji dari setiap *mix design* untuk diambil rata-rata dari setiap nilai yang diperoleh, dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\text{Kekuatan Tekan Mortar} = \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{Luas permukaan benda uji}} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (4)$$

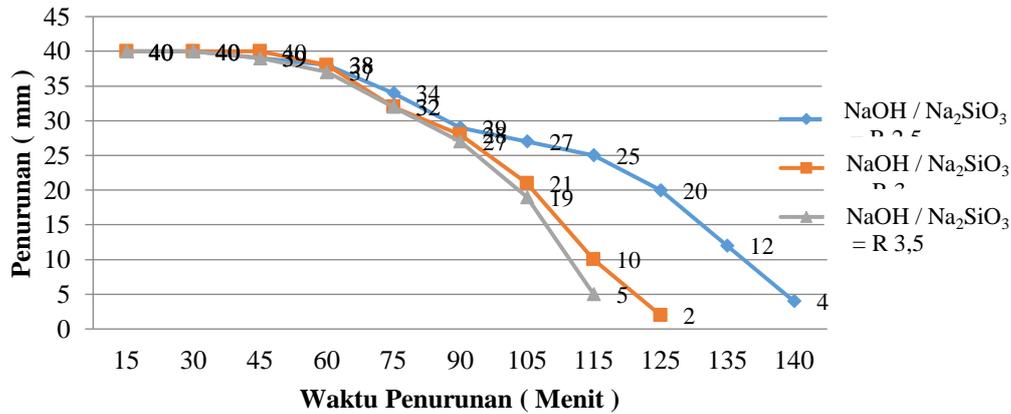
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian setting time

Optimalisasi konsentrasi NaOH dan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ dalam pengaturan waktu diperlukan untuk memahami proses geopolimer dari keadaan plastis ke keadaan mengeras. Pengaturan waktu akhir dari campuran geopolimer segar tergantung pada kandungan Ca dari bahan sumber dan larutan alkali dalam geopolimer segar campuran. Diketahui bahwa konsentrasi larutan NaOH yang tinggi dan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ menyebabkan pengurangan pengaturan waktu dalam sistem geopolimer. Ini dikaitkan dengan konsentrasi tinggi larutan NaOH yang meningkatkan disolusi tingkat dalam larutan alkali. Peningkatan laju disolusi mempercepat pengaturan waktu mortar geopolimer segar.

Selain itu, tingginya rasio larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ menyebabkan lebih kental campuran geopolimer segar sehingga akan menjadi kaku dan mengeras dalam waktu singkat. Atas pengaruhnya tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

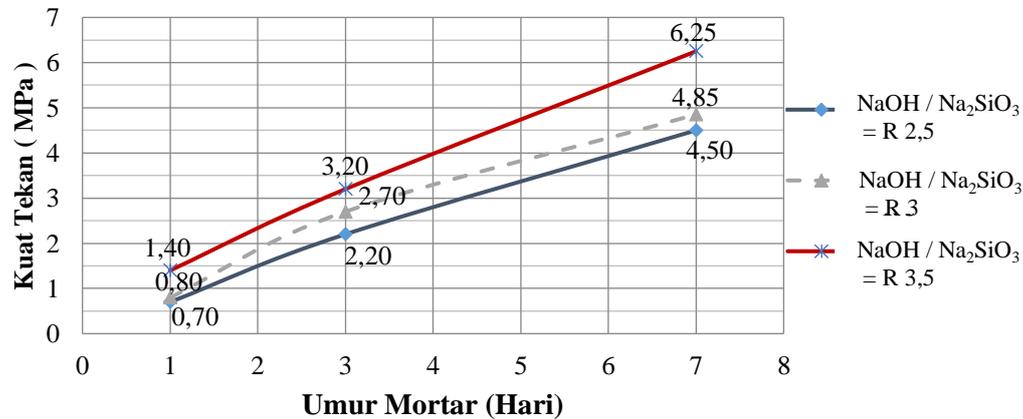
Pada gambar gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar rasio pada mortar tersebut semakin cepat pula untuk waktu pengikatan pada mortar dan untuk waktu pengikat akhirnya pada gambar grafik rasio 2,5 pada menit ke-140, rasio 3 di menit ke-125 sedangkan waktu pengikat akhir pada rasio 3,5 di menit ke-115.



Gambar 2. Perbandingan setting time mortar antara rasio

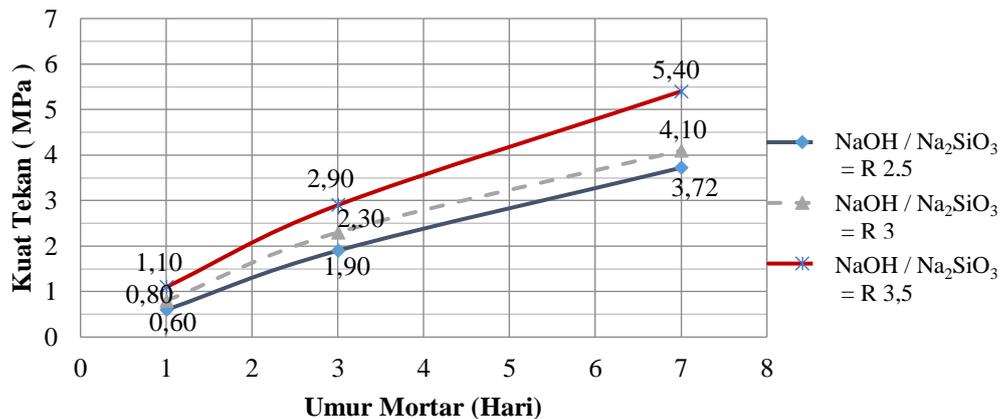
B. Pengujian kuat tekan

Hasil pengujian kuat tekan *Fly ash* geopolimer mortar dengan variasi modulus alkali aktifator pada umur 1 hari, 3 hari, dan 7 hari, dapat dilihat dalam gambar berikut ini :



Gambar 3. Hubungan Antara Umur Pengujian dan Kuat Tekan Rata-rata *Fly ash* Geopolimer Mortar Dengan Variasi Alkali (Oven).

Gambar 3 Menunjukkan kuat tekan paling tinggi ke rendah umur uji 1 hari secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3 , dan 2,5 sebesar 1,40 MPa, 0,80 MPa, dan 0,70 MPa. Pada umur 3 hari kuat tekan paling tinggi ke rendah secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3 , dan 2,5 sebesar 3,20 MPa, 2,70 MPa dan 2,20 MPa. Pada umur 7 hari kuat tekan paling tinggi ke rendah secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3 , dan 2,5 sebesar 6,25 MPa, 4,85 MPa, dan 4,50 MPa. Dari data tersebut juga dapat disimpulkan peningkatan besar kuat tekan pada umur 7 hari. Kuat tekan tertinggi mortar geopolimer pada variasi alkali aktifator rasio 3,5 di umur 7 hari yaitu 6,25 MPa dan kuat tekan terkecil mortar geopolimer variasi alkali aktifator rasio 2,5 pada umur 7 hari yaitu 4,50 MPa. Oleh karena itu, dapat diperoleh kuat tekan optimum pada variasi alkali aktifator rasio 3,5 yaitu 6,25 MPa sebagai nilai tertinggi di umur 7 hari.



Gambar 4. Hubungan Antara Umur Pengujian dan Kuat Tekan Rata-rata *Fly ash* Geopolimer Mortar Dengan Variasi Alkali (Suhu Ruang).

Gambar 4 Menunjukkan kuat tekan paling tinggi ke rendah umur uji 1 hari secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3 , dan 2,5 sebesar 1,10 MPa, 0,80 MPa, dan 0,60 MPa. Pada umur 3 hari kuat tekan paling tinggi ke rendah secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3, dan 2,5 sebesar 2,90 MPa, 2,30 MPa dan 1,90 MPa. Pada umur 7 hari kuat tekan paling tinggi ke rendah secara urut yaitu mortar geopolimer variasi alkali aktifator 3,5 , 3, dan 2,5 sebesar 5,40 MPa, 4,10 MPa, dan 3,72 MPa. Dari data tersebut juga dapat disimpulkan peningkatan besar kuat tekan pada umur 7 hari. Kuat tekan tertinggi mortar geopolimer pada variasi alkali aktifator rasio 3,5 di umur 7 hari yaitu 5,40 MPa dan kuat tekan terkecil mortar geopolimer variasi alkali aktifator rasio 2,5 pada umur 7 hari yaitu 3,72 MPa. Oleh karena itu, dapat diperoleh kuat tekan optimum pada variasi alkali aktifator rasio 3,5 yaitu 5,40 MPa sebagai nilai tertinggi di umur 7 hari.

Dari gambar diatas, umur uji 7 hari mortar geopolimer variasi alkali aktifator rasio 3,5 melampaui variasi rasio 3, namun dapat disimpulkan bahwa penambahan sodium silikat berdampak positif terhadap kuat tekan mortar. Semakin banyak sodium silikat yang digunakan maka kuat tekan mortar semakin meningkat. Berdasarkan hasil kuat tekan dalam ASTM C 270 mortar geopolimer *fly ash* ini dapat digunakan untuk pasangan dinding terlindung yang tidak menahan beban dan tidak ada persyaratan mengenai kekuatan.

IV. SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diketahui perbandingan setting time pada mortar geopolimer *fly ash* ini semakin tinggi sodium silikat nya makin cepat juga untuk waktu pengikatan pada mortar geopolimer *fly ash*. Penelitian ini pengaruh rasio alkali aktifator kemampuan kerjanya sangat mempengaruhi dari segi setting time yaitu, semakin meningkatnya rasio pada alkali aktifator semakin cepat waktu pengikat awal dan akhir. Untuk segi kuat tekannya juga kemampuan kerja sangat mempengaruhi yaitu semakin meningkatnya rasio pada alkali aktifator semakin tinggi pula kuat tekan pada mortar tersebut.

Perbandingan benda uji penelitian ini didapat semakin besar perbandingan rasio alkali aktifator pada sodium silikat nya yang digunakan maka kuat tekan mortar geopolimer semakin meningkat. Hasil pada kuat tekan dapat disimpulkan bahwa hasil uji kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* yang di oven umur 7 hari variasi alkali aktifator rasio 2,5 sebesar 4,50 MPa, variasi alkali aktifator rasio 3 sebesar 4,85 MPa, dan variasi alkali aktivator rasio 3,5 sebesar 6,25 MPa. Pada hasil uji kuat tekan mortar geopolimer *fly ash* yang tidak di oven umur 7 hari variasi alkali aktifator rasio 2,5 sebesar 3,72 MPa, variasi alkali aktifator rasio 3 sebesar 4,10 MPa, dan variasi alkali aktifator rasio 3,5 sebesar 5,40 MPa. Dari penelitian ini didapat nilai optimum mortar geopolimer pada variasi alkali aktifator rasio 3,5 (Oven) yaitu 6,25 MPa dan

variasi alkali aktifator rasio 3,5 (Suhu Ruang) yaitu 5,40 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan mortar geopolimer fly ash termasuk ke dalam tipe K yaitu mortar dengan kuat tekan rendah, yang mana digunakan untuk pasangan dinding terlindung yang tidak menahan beban dan tidak ada persyaratan mengenai kekuatan. Persyaratan mortar tipek K < 24,5 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam,A.A., Molyneaux,T., Patnaikuni,I., dan Law,D., (2009) : *The Effect of Dosage and Modulus of Activator on The Strength of Alkali Activated Slag and Fly ash-Based Geopolymer Mortar, Proceedings of The First International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries (SIBE 2009)*, Bandung, West Java, Indonesia.
- ASTM C 33-97, (2007) : *Persyaratan Pemeriksaan Uji Agregat Halus*, <http://doi.org/10.1520/C033-97>.
- Hardjito, D., and Fung, S.S., (2010) : *Fly ash-Based Geopolymer Mortar Incorporating Bottom Ash*, Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- SNI 03-6820-2002, *Syarat Standar Agregat Halus*, BSN.
- SNI 03-6863-2002, *Unsur-unsur Silikat dan Alumina yang Reaktif*, BSN.
- Veliyati, 2010 : *Pengaruh Faktor Air Binder Terhadap Kuat Tekan dan Workability Fly Ash Based Geopolymer Mortar*, Solo, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.