

STUDI PEMANFAATAN ABU JERAMI, ABU TERBANG DAN TANAH LATERIT SEBAGAI MATERIAL GEOPOLYMER

Parea Rusan Rangan¹, Rita Irmawaty², A. Arwin Amiruddin³ dan Bambang Bakri⁴

¹Mahasiswa Program Studi Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: pareausanrangan68@gmail.com

²Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: rita_irmaway@yahoo.com

³Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: a.arwinamiruddin@yahoo.com

⁴Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: bambangbakri@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu jenis material untuk menghasilkan geopolimer adalah abu terbang. Abu terbang adalah salah satu hasil produk sisa pembakaran batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik mekanik material geopolimer yang menggunakan abu jerami, abu terbang dan tanah laterit sebagai material. Penelitian ini berupa uji eksperimental di laboratorium. Material geopolimer diproduksi menggunakan abu jerami, abu terbang dan tanah laterit dengan persentase rasio 16,67 : 41,67 : 41,67 yang diaktifkan dengan alkaline activator (NaOH). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Material geopolimer diproduksi dengan menggunakan abu jerami, abu terbang dan tanah laterit. Selanjutnya dilakukan pengkajian dan pengujian kuat tekan (*compressive strength*), kuat tarik belah (*indirect tensile strength*), penyerapan air (*sorptivity*) dan komposisi kimia (XRF dan XRD) untuk mengevaluasi beton geopolimer yang dihasilkan. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah abu jerami dapat digunakan sebagai material geopolimer, dan menjadi salah satu alternatif pemilihan material geopolimer abu terbang, serta memberikan gambaran hubungan kekuatan geopolimer abu terbang berbahan abu jerami dan tanah laterit dengan variasi molaritas dan lama curing benda uji.

Kata kunci: abu jerami, abu terbang, tanah laterit

PENDAHULUAN

Sekarang ini terdapat banyak pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batubara. Hasil sampingan dari pembakaran batu bara berupa abu terbang yang tergolong sebagai material polusi (*pollutant*). Di Indonesia, untuk mengurangi limbah maka sejumlah pabrik semen mencampur abu terbang dan limbah yang mengandung pozzolan dengan klinker semen portland untuk menghasilkan Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004) dengan tujuan menurunkan konsumsi energi dan mengurangi penggunaan sumber alam tidak terbarukan (Antiohos, 2005). Semen Portland Komposit dapat dikategorikan sebagai CEM II menurut standar Eropa EN 197-1:2000, di Indonesia baru diproduksi pada tahun 2005, namun di Eropa pangsa pasar semen kategori CEM II telah lebih 50%, lebih besar dari Semen Portland Jenis 1 yang hanya sekitar 35% (Tjaronge, 2012).

Namun dalam proses produksi semen terjadi pelepasan karbon dioksida (CO₂) dengan jumlah besar ke atmosfer yang dapat merusak lingkungan. Untuk mengurangi emisi karbon dioksida dari industri semen maka perlu dicari material lain sebagai bahan pengganti semen. Geopolymer fly ash adalah salah satu alternatif pengganti semen yang dapat mempunyai fungsi yang sama seperti semen (American Coal Ash Association, 2014). Beberapa penelitian telah menggunakan Geopolymer fly ash sebagai pengikat material, baik pada mortar maupun pada beton. Mortar dan beton yang dibuat dengan geopolymer fly ash memiliki karakteristik fisik menyerupai mortar dan beton yang berbahan semen.

Fly ash adalah hasil buangan dari PLTU. Fly ash ini dapat menjadi salah satu bahan geopolymer dengan penambahan alkaline aktivator. Hal ini dimungkinkan karena fly ash kaya akan Silika (Si) dan Alumina (Al). Silika dan Alumina yang terkandung dalam fly ash ini, dapat bereaksi dengan cairan alkalin dalam menghasilkan bahan pengikat (binder). Cairan alkalin yang digunakan untuk mengaktifkan Si dan Al yang terdapat dalam fly ash adalah Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH). Natrium Silikat dan Natrium Hidroksida adalah zat yang digunakan sebagai alkaline aktivator (Hardjito Djuwanto, dkk, 2004). Natrium Silikat mempunyai fungsi mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan Natrium Hidroksida berfungsi mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash. Dengan rasio tertentu, alkaline aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Ikatan polimer yang terbentuk akan memberikan kekuatan pada mortar atau pada beton. Semakin kuat ikatan polimer yang terbentuk maka akan semakin besar pula memberi kekuatan. Karena ikatan polimer ini diberikan Sehingga rasio Na_2SiO_3 dan NaOH ini, menjadi salah satu faktor yang memberi kekuatan pada mortar dan beton yang menggunakan geopolymer fly ash sebagai pengikat. Dalam penelitian ini hanya digunakan satu jenis alkaline aktivator yaitu NaOH.

Sebagian besar lapisan permukaan di wilayah Papua dan Kalimantan merupakan Tanah Laterit. Ketika kering tanah laterit akan kering namun ketika mengandung air dalam jumlah besar tanah laterit menjadi lembur. Saat ini pemanfaatan material-material buangan semakin digalakkan untuk menjadi bahan baku pembuatan beton. Salah satu yang dapat dimanfaatkan adalah abu jerami padi. Wangsa, F. A., 2017 menggunakan tanah laterit sebagai material geopolimer dengan komposisi sebanyak 900 gram yang dicampur dengan abu terbang sebanyak 600 gram dan diaktifkan dengan NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai alkaline activator menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 4,11 MPa pada umur 7 hari. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menggunakan abu jerami sebagai salah satu bahan pembuatan beton geopolymer.

Matahkah F., 2016 mempelajari beton geopolymer dengan komposisi pengikat yang bekerja dengan baik dalam pekerjaan eksperimental terdiri dari abu jerami panas: abu terbang batubara: metakaolin: gips di 0,50: 0,25: 0,25: 0,05 rasio berat. Beton berbasis abu jerami serta semen portland sebagai kontrol menjadi sasaran penyelidikan eksperimental yang komprehensif. Kemampuan kerja, waktu pengerjaan, kuat tekan, kekuatan tekan residual setelah direndam dalam air mendidih, kekuatan lentur, kepadatan, penyerapan kelembaban, kandungan rongga, daya serap kapiler, dan ketahanan asam dan api dari bahan beton dievaluasi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa material beton geopolimer berbasis abu non kayu dengan formulasi binder yang tepat dapat memberikan atribut mekanis yang diinginkan, kesetaraan kelembaban, daya tahan, dan tahan api bila dibandingkan dengan beton semen portland normal.

Detphan & Chindaprasirt, 2009 melaporkan bahwa fly ash (FA) dan abu sekam padi (RHA) digunakan sebagai bahan pembuatan geopolymer. Suhu pembakaran sekam padi, kehalusan RHA dan rasio FA ke RHA divariasikan. Kepadatan dan kekuatan mortar geopolimer dengan rasio massa RHA/FA yaitu 0/100, 20/80, 40/60, dan 60/40. Geopolymer diaktifkan dengan natrium hidroksida (NaOH), natrium silikat, dan panas. Terungkap bahwa suhu pembakaran optimal RHA untuk membuat geopolymer FA-RHA adalah 690°C . FA yang diterima dan RHA dengan 1% -5% tertahan pada ayakan No. 325 adalah bahan sumber yang cocok untuk membuat geopolymer dan diperoleh kekuatan tekan antara 12,5-56,0 MPa dan tergantung pada rasio FA/RHA, kehalusan RHA, dan rasio natrium silikat dengan NaOH. Mortar geopolymer FA-RHA yang relative tinggi diperoleh dengan menggunakan rasio massa natrium silikat/NaOH yaitu 4,0, dengan waktu sebelum sampel dipanaskan dalam oven selama 1 jam dan selanjutnya dioven pada 60°C selama 48 jam. Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton geopolymer berbahan abu jerami, fly ash dan tanah laterit.
2. Menganalisis korelasi antara konsentrasi Molaritas aktivator abu terbang yang menggunakan abu jerami dan tanah laterit terhadap kekuatan beton geopolymer.
3. Menganalisis pengaruh variasi curing pada penggunaan abu terbang yang menggunakan abu jerami dan tanah laterit terhadap kekuatan beton geopolymer.

(M), atau konsentrasi molar. Molaritas adalah jumlah mol terlarut setiap liter larutan. Atau biasa diungkapkan dengan rumus : Molaritas = Jumlah mol terlarut/volume larutan dalam air. Rumus molaritas dapat dilihat pada persamaan 2, persamaan 3 dan persamaan 4.

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{Jumlah mol terlarut}}{\text{Volume larutan dalam air}} \quad (2)$$

jika yang diketahui bukan mol melainkan gram zat terlarut, rumus bisa juga dengan :

$$M = \frac{\text{gram (terlarut)}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{mL (larutan)}} \quad (3)$$

jika yang diketahui massa jenis larutan dan kadar/persen massa (%), maka molaritas dapat dicari dengan rumus :

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{volume}} = \frac{\text{gram} \cdot 1000}{Mr \cdot \text{Volume}} = \frac{\% \cdot \rho \cdot 10}{\text{Volume}} \quad (4)$$

Keterangan :

- M = Molaritas (konsentrasi)
- Mr = Massa Molekul Relatif
- ρ = Massa jenis

Penelitian menunjukkan alkali aktivator berupa *sodium silicate* (Na_2SiO_3) atau *sodium silicate* dengan *sodium hydroxide* (NaOH) memberikan kekuatan yang baik pada abu terbang geopolymer. Campuran antara Na_2SiO_3 dan NaOH digunakan pada penelitian ini karena telah sering digunakan oleh para peneliti sebelumnya dan memberikan hasil yang memuaskan. Untuk benda uji abu terbang geopolymer, menurut beberapa peneliti konsentrasi aktivator yang digunakan (terhadap molaritas NaOH) merupakan parameter utama dan parameter yang sangat penting pada pembuatan beton geopolymer berbahan tanah laterit, abu jerami dan abu terbang (Hardjito & Rangan, 2005; Weng & Sago-Crentsil, 2007).

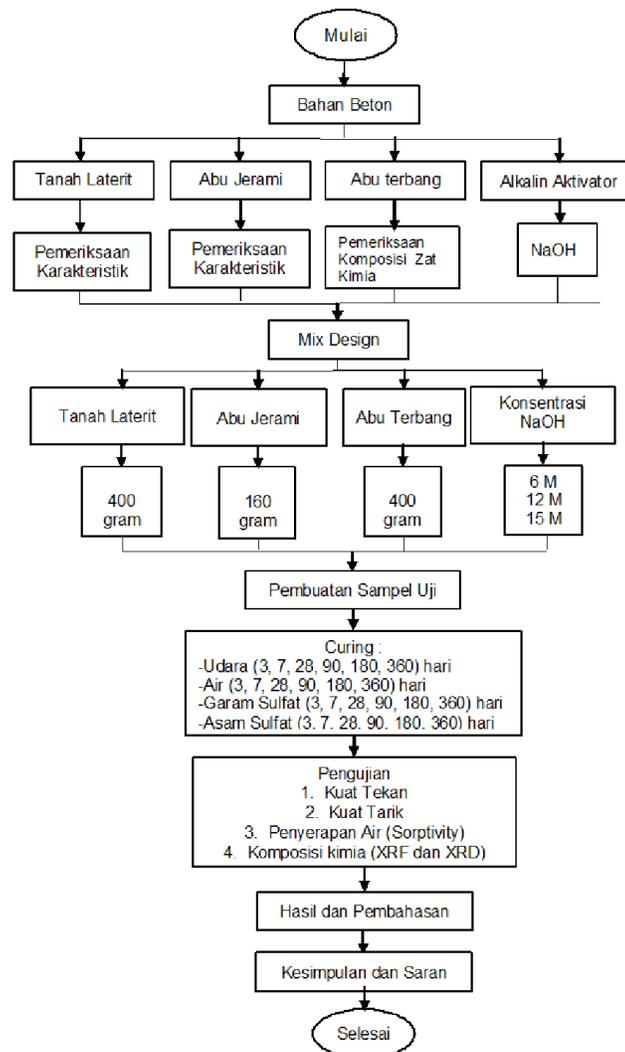
METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini rencana di dilaksanakan di Laboratorium riset Eco Material Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Gowa Universitas Hasanuddin. Penelitian ini rencana dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan Maret 2019 sampai dengan September 2019.

Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan penelitian yang akan dilakukan, maka perlu direncanakan tahapan-tahapan yang akan menjadi pedoman dan arahan bagi penelitian ini, tahapan-tahapan proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

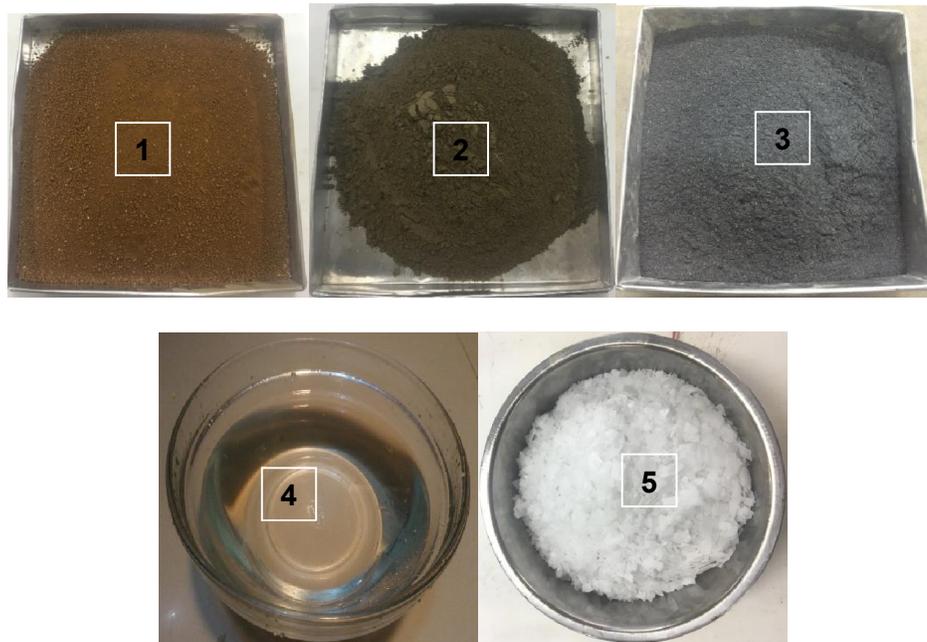
Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu jerami sebanyak 160 gram, abu terbang sebanyak 400 gram dan tanah laterit sebanyak 400 gram. Komposisi ini merupakan komposisi optimal yang diperoleh dari serangkaian uji coba campuran awal.

Pengambilan Material Penelitian

Adapun bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tanah laterit diambil dari sekitar kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang terletak di Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Abu terbang diperoleh dari hasil buangan PLTU di Kabupaten Jeneponto Desa Punagayya Kecamatan Bangkala, Provinsi Sulawesi Selatan.
3. Abu Jerami diperoleh dari hasil buangan limbah pemotongan padi yang ada di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan dan telah mengalami proses pembakaran pada suhu ± 500 derajat Celcius.
4. Air yang digunakan berasal dari PDAM Makassar.
5. Alkalin Aktivator adalah Natrium Hidroksida (NaOH) diperoleh dari salah satu distributor di Makassar.

Gambar 2 memperlihatkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Bahan-bahan penelitian

Rancangan Uji

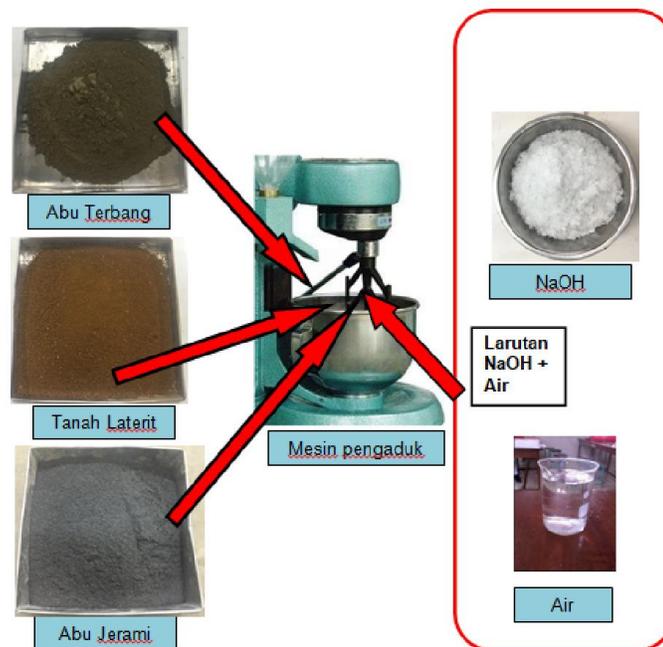
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Beton geopolymer diproduksi dengan menggunakan tanah laterit, abu jerami dan abu terbang yang sumber pengambilannya dari Provinsi Sulawesi Selatan beserta dengan alkalin activator yang digunakan. Kemudian dilakukan pengkajian dan pengujian kuat tekan (*compressive strength*), pengujian kuat tarik belah (*indirect tensile strength*), penyerapan air (*sorptivity*) dan komposisi kimia (XRF dan XRD).

Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini dirancang untuk mengetahui pengaruh umur pada beton geopolymer dengan cetakan silinder berukuran 5 x 10 cm. Gambar 3 memperlihatkan proses pencampuran material untuk membuat beton geopolymer. Metode pencampuran yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Menyiapkan Material dengan komposisi yang sudah di tentukan;
2. Abu terbang dan abu jerami dimasukkan ke dalam mangkuk mixer;
3. Mengaduk abu terbang dan abu jerami menggunakan mixer dengan kecepatan rendah (*slow speed*) selama 60 detik kemudian matikan mesin mixer, mengaduk manual campuran hingga tercampur rata;
4. Mengaduk campuran abu terbang dan abu jerami dengan menggunakan mixer sambil memasukkan alkali aktivator (NaOH) yang sebelumnya telah dilarutkan dalam air, mix selama 1 menit dengan kecepatan rendah (*slow speed*). Kemudian matikan mesin mixer;
5. Mengaduk manual campuran sampai merata. Setelah itu, mengaduk campuran menggunakan mixer dengan kecepatan tinggi (*high speed*) selama 1 menit;
6. Hasil campuran dicetak ke dalam cetakan sebanyak 3 layer, masing-masing 25 kali tumbukan per layer menggunakan sambil ditumbuk penumbuk slump flow;
7. Mendinginkan campuran selama 24 jam agar campuran dapat memadat di dalam cetakan;
8. Mengeluarkan benda uji dari cetakan, kemudian curing benda uji selama 3, 7, 28, 90, 180 dan 360 hari dalam kondisi curing udara dan curing air.

9. Untuk mengevaluasi campuran yang dihasilkan selanjutnya adalah variasi curing yaitu di rendam pada larutan garam sulfat (Na_2SiO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) sesuai dengan waktu curing yang telah ditetapkan yaitu 3, 7, 28, 90, 180 dan 360 hari.
10. Selain itu, dilakukan pula pengujian penyerapan air (*sorptivity*) terhadap beton geopolimer yang dihasilkan.



Gambar 3. Pencampuran material geopolimer

HASIL YANG DIHARAPKAN

Berdasarkan uraian singkat di atas, hasil yang diharapkan dalam penelitian antara lain :

- a) Penggunaan abu jerami dapat digunakan sebagai material geopolimer.
- b) Abu jerami dapat menjadi salah satu alternatif pemilihan material geopolimer abu terbang.
- c) Memberikan gambaran hubungan kekuatan material geopolimer abu terbang berbahan abu jerami dan tanah laterit dengan variasi molaritas dan lama curing benda uji.

RENCANA KERJA SELANJUTNYA

- a. Pembuatan Mix Design material geopolimer dengan variasi molaritas dan lama curing benda uji
- b. Menguji kuat tekan dan kuat Tarik belah sampel benda uji yang dibuat.
- c. Menguji penyerapan air (Sorptivity) serta komposisi kimianya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Coal Ash Association. 2014. CCP Production and Use Survei. <https://www.aaa-usa.org/Portals/9/Files/PDFs/2014-Production-and-Use-Survey-Presentation.pdf>.
- Antiohos S., Maganari K., & Tsimas S. (2005). Evaluation of blends of high and low calcium fly ashes for use as supplementary cementing materials. *Cement dan Concrete Composites* : 349-356.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 15-7064-2004. Semen Portland Komposit.
- Davidovits, J. 2002. Environmentally Driven Geopolymer Cement Applications. Proceeding At The Geopolymer 2002 Conference, Melbourne, Australia.

- Davidovits. (1997). "Geopolymer Properties And Chemistry". 1st European Conference on Soft Minerallurgy, Geopolymer, Compiègne, France, 1(1), pp. 25–48, 1998.
- Detphan S & Chindapasirt. 2009. Preparation of Fly Ash and Rice Husk Ash Geopolymer. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. Volume 16, Number 6, December 2009.
- Hardjito Djuwantoro, dkk. (2004). "On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete". *ACI Materials Journal*.
- Hardjito, D dan B. V. Rangan. 2005. Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Curtin University Technology : Perth, Australia.
- Hardjito, D dan B. V. Rangan. 2005. Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Curtin University Technology : Perth, Australia.
- Law dkk. (2014). "Long Term Durability Properties of Class F Fly Ash Geopolymer Concrete". Department of Civil Engineering, Tadulako University, Palu, Indonesia.
- Matakkah F. et al. 2016. Characterization of Alkali-Activated Nonwood Biomass Ash-Based Geopolymer Concrete. American Society of Civil Engineers.
- Pan dkk. (2009). "An Investigation of The Mechanism for Strength Gain or Loss of Geopolymer Mortar After Exposure to Elevated Temperature". Curtin University Technology, Perth, WA, Australia.
- Rattanasak dan Chindapasirt. (2009). "Influence of NaOH Solution on The Synthesis of Fly Ash Geopolymer". *Minerals Engineering* 22, 1073–1078.
- Rosello J. et al. 2017. Rice straw ash : A Potential Pozzolanic Supplementary Material for Cementing Systems. *Industrial Crops and Products* 103 (39 – 50).
- Sarker dan Mcbeath. (2015). Fire endurance of steel reinforced fly ash geopolymer concrete elements. *Construction and Building Materials* 90, 91–98.
- Sarker, Prabir Kumar. 2011. Bond Strength of Reinforcing Steel Embedded in Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. *Materials and Structures* 44 : 1021-1030.
- Tjaronge M. W. (2012). *Teknologi Bahan Lanjut – Semen dan Beton Berongga*. CV. Telaga Zamzam. Makassar.
- Wangsa F. A., Tjaronge, M. W., Djamaluddin A. R. dan Muhiddin A. B. Effect of hydrated lime on compressive strength mortar of fly ash laterite soil geopolymer mortar. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 271 (2017) 012068.
- Weng dan Sagoe-Crentsil. (2007). "Dissolution Processes, Hydrolisis, and Condensation Reactions During Geopolymer Synthesis: Part I-Low Si/Al Ratio Systems". *Journal of Material Science*, vol. 42, pp. 2997-3006.