

**Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash*
Pada *Concrete Block* Geopolimer Bagi Penyedia
Jasa Konstruksi di Pekanbaru**

**Shanti Wahyuni Megasari^{*1}, Zainuri², Ummy Mahrani Siregar³, Lamsihar Sihombing⁴,
Heru Kurnia Putra⁵**

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

*Corresponding authors e-mail : shanti@unilak.ac.id

Submitted : 29 November 2023

Accepted: 04 April 2024

DOI: <https://doi.org/10.31849/fleksibel.v5i1.17320>

Abstrak

Dalam upaya pelaksanaan pembangunan yang ramah lingkungan, maka direkomendasi mempergunakan material yang ramah lingkungan maupun memanfaatkan limbah buangan. Namun dikarenakan beton geopolimer belum memiliki peraturan komposisi campuran, maka informasi dan pengetahuan di masyarakat terkait dengan beton geopolimer cukup minim. Permasalahan mitra adalah belum memiliki pengetahuan tentang pemanfaatan limbah *fly ash* dan pengolahan limbah *fly ash* menjadi produk *concrete block* geopolimer serta mitra belum memiliki kemampuan untuk mengolah limbah *fly ash* menjadi produk *concrete block* geopolimer. Mitra yang dilibatkan sebanyak 15 (Lima Belas) karyawan penyedia jasa konstruksi sebagai peserta workshop. Metode pelaksanaan yang digunakan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah ceramah, praktek dan diskusi. Waktu workshop ditentukan selama 2 (dua) hari yaitu pada hari Sabtu dan Minggu tanggal 22 – 23 Juli 2023, dimulai pada jam 09.00 WIB dan berakhir pada jam 15.00 WIB. Hasil evaluasi *pre-test* terhadap pengetahuan peserta sebelum melakukan workshop mendapatkan nilai rata-rata 37,18 dengan kategori sangat kurang (< 40). Setelah dilaksanakan workshop, pemahaman peserta mengalami peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata *post-test* sebesar 71,67 menjadi kategori baik ($\geq 70 - < 85$). Terjadi peningkatan nilai rata-rata peserta Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block* Geopolimer Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru sebanyak 92,75%, sehingga dapat dikatakan bahwa peserta pelatihan mengalami peningkatan pengetahuan dan mampu memahami materi dan Praktek yang diberikan selama Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block* Geopolimer Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru dapat dipahami dengan baik.

Kata kunci : *concrete block geopolimer, fly ash, limbah, teknologi, workshop*

Abstract

In an effort to implement environmentally friendly development, it is recommended to use environmentally friendly materials and utilize waste. However, because geopolimer concrete does not have a mixture composition regulation, the information and knowledge in the community related to geopolimer concrete is quite minimal. The partner's problem is that they do not have knowledge about the utilization of fly ash waste and processing fly ash waste into geopolimer concrete block products and partners do not have the ability to process fly ash waste into geopolimer concrete block

products. The partners involved were 15 (Fifteen) employees of construction service providers as workshop participants. The implementation method used in this community service activity is lecture, practice and discussion. The workshop time was determined for 2 (two) days, namely on Saturday and Sunday, July 22-23, 2023, starting at 09.00 WIB and ending at 15.00 WIB. The results of the pre-test evaluation of the participants' knowledge before conducting the workshop received an average score of 37,18 with a very poor category (<40). After the workshop, the participants' understanding increased, namely with an average post-test score of 71.67 being a good category ($\geq 70 - < 85$). There was an increase in the average value of participants in the Workshop on Fly Ash Waste Utilization Technology in Geopolymer Concrete Block for Construction Service Providers in Pekanbaru by 92,75%, so it can be said that the training participants experienced an increase in knowledge and were able to understand the material and practices provided during the Workshop on Fly Ash Waste Utilization Technology in Geopolymer Concrete Block for Construction Service Providers in Pekanbaru can be understood well.

Keywords : *geopolymer concrete block, fly ash, waste, technology, workshop*

1. Pendahuluan

Concrete block merupakan bahan bangunan yang sering dipakai dalam dunia konstruksi, salah satunya digunakan sebagai lapis perkerasan permukaan tanah. *Concrete block* sering digunakan karena pemasangannya yang relative mudah, perawatannya yang murah serta mengandung unsur estetika atau keindahan. Pemakaian *concrete block* termasuk dalam aksi go green, disebabkan oleh penggunaan *concrete block* yang memiliki daya serap air yang baik bisa menyebabkan terseimbangnya air dalam tanah (Adibroto, F., 2014).

Namun meningkatnya kebutuhan semen yang digunakan sebagai material utama beton dalam dunia konstruksi telah menyebabkan produksi semen terus dilakukan secara massal. Peningkatan produksi semen tersebut ternyata memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, emisi yang dihasilkan pada saat proses pembentukan bahan menjadi semen adalah gas CO₂ atau karbon dioksida (Satria, J., dkk., 2015). Data total penggunaan semen menurut Asosiasi Semen Indonesia (ASI) pada tahun 2021 mengalami pertumbuhan sebesar 5,9 % serta akan meningkat terus di tahun 2022. Menurut Kasyanto, H., (2012), sebagai alternatif pengganti semen dengan bahan yang lebih ramah lingkungan maka penggunaan geopolimer dengan menggunakan *fly ash* bisa meminimalkan penggunaan semen serta dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Hal tersebut yang menjadi faktor pendorong untuk digunakannya bahan alternatif yang menggantikan semen untuk komposisi campuran pembentuk *concrete block* geopolimer yaitu melalui pemanfaatan *fly ash* pada PLTU Tenayan Raya. *Concrete block* geopolimer memanfaatkan bahan pozzolan berupa abu terbang sebagai komposisi utama. Dalam membuat *concrete block* geopolimer digunakan larutan kategori alkali yang memiliki fungsi untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi unsur silika dan alumina pada abu terbang.

Concrete block geopolimer dengan memanfaatkan limbah belum memiliki standar peraturan (SNI) yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional. Sehingga untuk dapat melakukan perencanaan, pencampuran, pengadukan dan pengadukan *concrete block* geopolimer dilakukan melalui hasil *trial and error* dari penelitian yang telah dilakukan oleh tim dari Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning.

Permasalahan mitra dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Mitra belum memiliki pengetahuan tentang pemanfaatan limbah *fly ash* yang ramah lingkungan sebagai pengganti semen.
2. Mitra belum memiliki pengetahuan tentang *concrete block* geopolimer yang menggunakan limbah *fly ash*.

3. Mitra belum memiliki kemampuan untuk mengolah limbah *fly ash* sebagai pengganti semen menjadi produk *concrete block* geopolimer.

2. Metode

2.1 Mitra Pengabdian Kepada Masyarakat

Mitra yang dilibatkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini yaitu penyedia jasa konstruksi di Kota Pekanbaru dengan mengirimkan 15 (lima belas) karyawan sebagai peserta workshop.

2.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat workshop dilaksanakan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Jalan Yos Sudarso Km. 08 Rumbai Kota Pekanbaru. Waktu pelaksanaan workshop dilaksanakan selama 2 (dua) hari kerja yang dimulai dari pukul 09.00 sampai 15.00 WIB.

2.3 Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan pada pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini adalah metode ceramah, diskusi dan praktek langsung di laboraorium untuk membuat produk.

Adapun tahapan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat terdiri dari 4 (empat) tahapan yaitu:

- a. Tahapan perencanaan
- b. Tahapan persiapan
- c. Tahapan pelaksanaan
- d. Tahapan evaluasi

2.4 Sistem Evaluasi

Penilaian dilakukan terhadap jawaban peserta workshop dalam menjawab lembar pertanyaan yang diberikan dan keaktifan peserta selama pelaksanaan workshop. Evaluasi yang dilaksanakan meliputi :

- a. Penilaian pendahuluan (*pre-test*), yang dilaksanakan sebagai indikator pengukur pengetahuan peserta terhadap topik yang akan disampaikan sebelum dilakukan workshop
- b. Penilaian keterampilan dan keaktifan peserta selama pelaksanaan workshop dan praktek
- c. Penilaian akhir (*post-test*), yang dilaksanakan sebagai indikator terhadap peningkatan pengetahuan peserta terhadap topik yang akan disampaikan setelah dilakukan workshop

Penilaian tersebut digunakan untuk membandingkan pengetahuan peserta sebelum dan sesudah workshop yang diberikan. Penentuan kategori penilaian menurut pada batasan penilaian sebagai berikut :

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. < 40 | : Sangat Kurang |
| 2. ≥ 40 - < 55 | : Kurang |
| 3. ≥ 55 - < 70 | : Cukup |
| 4. ≥ 70 - < 85 | : Baik |
| 5. ≥ 85 - 100 | : Sangat Baik |

Bila terjadi peningkatan yang cukup signifikan dapat dikatakan workshop yang diberikan memberikan hasil positif sesuai yang diharapkan. Dengan kata lain bukan besarnya nilai yang diperhitungkan tapi peningkatan nilai yang menjadi perhatian utama kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk tahapan pelaksanaan workshop dibagi atas 8 (delapan) sesi selama 2 (dua) hari, tahapan pelaksanaan workshop adalah sebagai berikut :

1. Hari Pertama:

- a. Sesi pertama, pembukaan kegiatan workshop dimulai dengan menyampaikan maksud dan tujuan serta manfaat tentang pelaksanaan workshop selama kurang lebih 15 menit



Gambar 1. Pembukaan Kegiatan Workshop

- b. Sesi kedua menyebarkan ujian pendahuluan (*pre- test*) sebagai indikator pengukur pengetahuan peserta terhadap topik yang akan disampaikan sebelum dilakukan workshop dengan waktu selama 30 menit
- c. Sesi ketiga, instruktur memberikan pengetahuan tentang materi dasar *concrete block* geopolimer yang menggunakan limbah *fly ash* yang dimulai pada pukul 09.45 – 10.45 WIB
- d. Sesi keempat dilanjutkan dengan istirahat (*coffe break*) selama 15 menit
- e. Sesi kelima, instruktur memberikan pengetahuan tentang pengujian pendahuluan material yang digunakan dalam campuran pembuatan *concrete block* geopolimer yang dimulai pukul 11.00 – 12.00 WIB
- f. Sesi keenam, istirahat makan siang dan sholat selama 90 menit
- g. Sesi ketujuh, instruktur menyampaikan materi tentang perencanaan *job mix* yang akan digunakan untuk komposisi penyusun *concrete block* geopolimer yang dimulai pukul 13.30 – 14.45 WIB



Gambar 2. Penyampaian Materi Workshop oleh Narasumber

- h. Sesi kedelapan, diakhir dengan sesi tanya jawab tentang topik yang disampaikan pada pada hari pertama selama 15 menit



Gambar 3. Sesi Foto Bersama Hari Pertama Workshop

2. Hari Kedua:
- Sesi pertama, dimulai dengan mengulas kembali topik yang telah disampaikan pada hari pertama selama ± 15 menit
 - Sesi kedua, mempersiapkan alat dan bahan serta menimbang semua bahan yang diperlukan sesuai dengan *job mix formula* yang ditentukan. Yang dimulai dari pukul 09.15 – 09.45 WIB.
 - Sesi ketiga proses pencampuran komposisi *concrete block* geopolimer sesuai dengan *job mix formula*. Yang dimulai dari pukul 09.45 – 11.20 WIB.



Gambar 4. Peserta Aktif Melaksanakan Praktek di Laboratorium

- Sesi keempat, instruktur memberikan pengetahuan mengenai metode perawatan yang akan dilakukan, tata cara pengujian kuat tekan serta cara pengolahan nilai hasil kuat tekan *concrete block* geopolimer yang dimulai dari pukul 11.35 – 12.00 WIB.



Gambar 5. Penyampaian Materi Pelatihan Hari Kedua oleh Narasumber

- e. Sesi kelima, istirahat makan siang dan sholat selama 90 menit
- f. Sesi keenam, pengujian kuat tekan *concrete block* geopolimer dan pengolahan nilai hasil pengujian kuat tekan. Yang dimulai dari pukul 13.30 – 14.00 WIB.



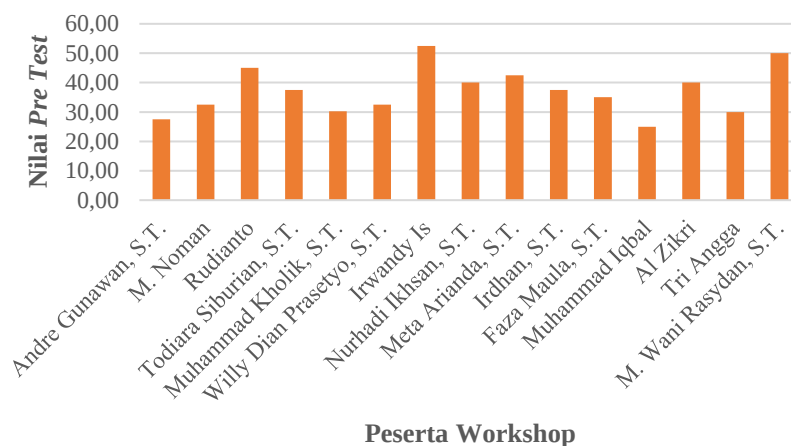
Gambar 6 Peserta Memperhatikan dan Mempraktekkan Secara Langsung Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan

- g. Sesi ketujuh, dilaksanakan *post test* terhadap kemampuan peserta workshop untuk mengetahui sejauh mana materi workshop dapat dipahami oleh peserta. Waktu yang diberikan mulai dari pukul 13.30 – 14.30 WIB.
- h. Sesi kedelapan, diakhir dengan sesi penutupan selama 30 menit.

Sebelum pelaksanaan penyampaian materi workshop telah dilakukan evaluasi awal terkait pengetahuan peserta melalui *pre-test*. Para peserta diharapkan mengisi terlebih dahulu *google form* soal *pre-test* melalui link berikut : <https://forms.gle/WXsBEPGeXjCgUCY89> Setelah dilakukan rekapitulasi nilai dari *pre-test* para peserta, maka diperoleh hasil rekapitulasi seperti pada tabel 1 dan gambar 6.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai *Pre-Test* Peserta Workshop

No	Nama Peserta	Nilai <i>Pre-Test</i>	Keterangan
1	Andre Gunawan, S.T.	27,50	Sangat Kurang
2	M. Noman	32,50	Sangat Kurang
3	Rudianto	45,00	Kurang
4	Todiara Siburian, S.T.	37,50	Sangat Kurang
5	Muhammad Kholik, S.T.	30,25	Sangat Kurang
6	Willy Dian Prasetyo, S.T.	32,50	Sangat Kurang
7	Irwandy Is	52,50	Kurang
8	Nurhadi Ikhsan, S.T.	40,00	Kurang
9	Meta Arianda, S.T.	42,50	Kurang
10	Irdhan, S.T.	37,50	Sangat Kurang
11	Faza Maula, S.T.	35,00	Sangat Kurang
12	Muhammad Iqbal	25,00	Sangat Kurang
13	Al Zikri	40,00	Kurang
14	Tri Angga	30,00	Sangat Kurang
15	M. Wani Rasydan, S.T.	50,00	Kurang

Gambar 6. Hasil *Pre-Test* Peserta Workshop

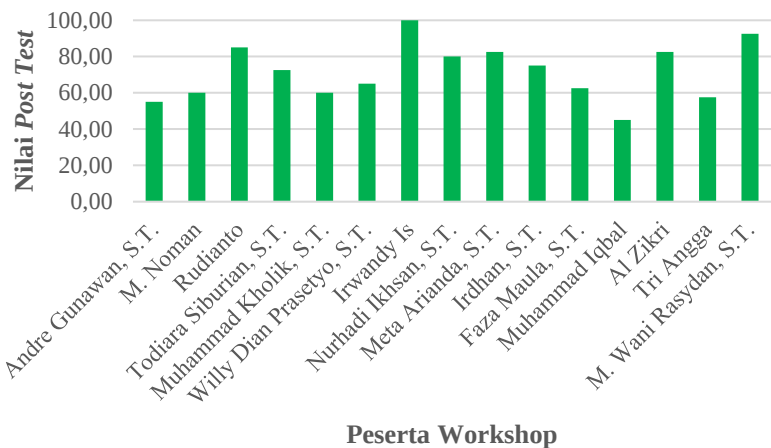
Dari hasil *pre-test* peserta diperoleh 9 (sembilan) orang peserta atau sebesar 60,00% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai sangat kurang pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer, 6 (enam) orang peserta atau sebesar 40,00% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai kurang pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer.

Setelah pelaksanaan penyampaian materi workshop telah dilakukan evaluasi awal terkait pengetahuan peserta melalui *post-test*. Para peserta diharapkan mengisi terlebih dahulu google form soal *post-test* melalui link berikut : <https://forms.gle/QqTauD9zWtmrcfWAA>. Setelah dilakukan *post-test* kemudian dihitung rekapitulasi nilai dari *post-test* para peserta, maka diperoleh hasil rekapitulasi seperti pada tabel 2 dan gambar 7.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai *Post-Test* Peserta Workshop

No	Nama Peserta	Nilai <i>Post-Test</i>	Keterangan
1	Andre Gunawan, S.T.	55,00	Kurang
2	M. Noman	60,00	Cukup
3	Rudianto	85,00	Sangat Baik
4	Todiara Siburian, S.T.	72,50	Baik
5	Muhammad Kholik, S.T.	60,00	Cukup
6	Willy Dian Prasetyo, S.T.	65,00	Cukup
7	Irwandy Is	100,00	Sangat Baik
8	Nurhadi Ikhsan, S.T.	80,00	Baik
9	Meta Arianda, S.T.	82,50	Baik
10	Irdhan, S.T.	75,00	Baik
11	Faza Maula, S.T.	62,50	Cukup
12	Muhammad Iqbal	45,00	Kurang
13	Al Zikri	82,50	Baik
14	Tri Angga	57,50	Cukup
15	M. Wani Rasydan, S.T.	92,50	Sangat Baik

Dari hasil *post-test* peserta diperoleh 2 (dua) orang peserta atau sebesar 13,33% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai kurang pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer, 5 (lima) orang peserta atau sebesar 33,33% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai cukup pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer, 5 (lima) orang peserta atau sebesar 33,33% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai baik dalam pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer dan 3 (tiga) orang peserta atau sebesar 20,00% dari 15 (lima belas) peserta yang memperoleh nilai sangat baik dalam pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block* geopolimer.

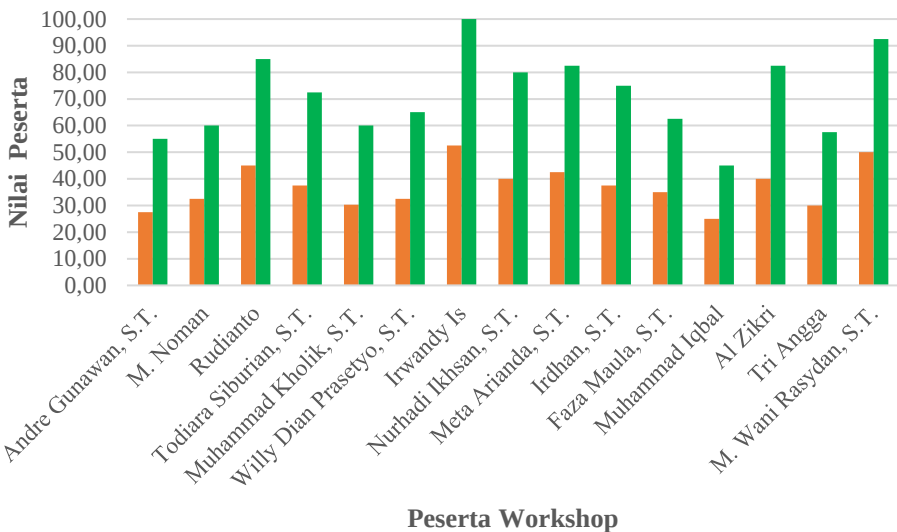


Gambar 7. Hasil *Post-Test* Peserta Workshop

Apabila dilihat dari hasil *pre-test* dan *post-test* peserta, maka terdapat peningkatan pengetahuan peserta setelah dilaksanakan Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block* Geopolimer Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru. Peningkatan pengetahuan peserta dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 8.

Tabel 3. Peningkatan Nilai *Pre-Test* dan *Post-Test* Peserta Workshop

No	Nama Peserta	Nilai <i>Pre-Test</i>	Nilai <i>Post-Test</i>	Peningkatan Nilai (%)
1	Andre Gunawan, S.T.	27,50	55,00	100,00
2	M. Noman	32,50	60,00	84,62
3	Rudianto	45,00	85,00	88,89
4	Todiara Siburian, S.T.	37,50	72,50	93,33
5	Muhammad Kholik, S.T.	30,25	60,00	98,35
6	Willy Dian Prasetyo, S.T.	32,50	65,00	100,00
7	Irwandy Is	52,50	100,00	90,48
8	Nurhadi Ikhsan, S.T.	40,00	80,00	100,00
9	Meta Arianda, S.T.	42,50	82,50	94,12
10	Irdhan, S.T.	37,50	75,00	100,00
11	Faza Maula, S.T.	35,00	62,50	78,57
12	Muhammad Iqbal	25,00	45,00	80,00
13	Al Zikri	40,00	82,50	106,25
14	Tri Angga	30,00	57,50	91,67
15	M. Wani Rasydan, S.T.	50,00	92,50	85,00
Rata-rata Nilai		37,18	71,67	92,75



Gambar b. Perbandingan Hasil *Pre-Test* dan *Post-Test* Peserta Workshop

Dari hasil evaluasi berdasarkan nilai *pre-test* dan *post-test*, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai rata-rata peserta saat sebelum pelaksanaan pelatihan yang ditandai dengan nilai rata-rata *pre-test* sebesar 37,18 dalam kategori sangat kurang, meningkat menjadi 71,67 dalam kategori baik pada saat setelah pelaksanaan pelatihan yang ditandai dengan nilai rata-rata *post-test*. Peningkatan nilai rata-rata peserta yang terjadi setelah Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block* Geopolimer Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru sebesar 92,75%. Hal ini dikarenakan para peserta merupakan pekerja di lapangan sehingga cepat memahami praktek yang dilaksanakan di laboratorium, mampu mempergunakan peralatan laboratorium dan

cepat memahami materi yang diberikan selama workshop. Setelah selesai pelaksanaan workshop pada hari kedua, peserta dan tim pengabdian melakukan sesi foto bersama seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Sesi Foto Bersama Hari Kedua Workshop

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block Geopolimer* Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru adalah :

1. Pengetahuan peserta sebelum melakukan workshop mendapatkan nilai rata-rata 37,18 dengan kategori kurang dalam pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block geopolimer* (< 40).
2. Setelah dilaksanakan workshop, pemahaman peserta mengalami peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 71,67 menjadi kategori baik dalam pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan limbah *fly ash* pada *concrete block geopolimer* ($\geq 70 - < 85$).
3. Terjadi peningkatan nilai rata-rata peserta Pelatihan Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block Geopolimer* Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru sebanyak 92,75% dari sebelum dilakukan workshop (*pre-test*) dengan setelah dilakukan workshop (*post-test*), sehingga dapat dikatakan bahwa peserta pelatihan mengalami peningkatan pengetahuan, mampu memahami materi serta mempraktekkan di laboratorium selama Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block Geopolimer* Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru dengan baik.

5. Saran

Mengingat besarnya manfaat yang akan diperoleh peserta Workshop Teknologi Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Pada *Concrete Block Geopolimer* Bagi Penyedia Jasa Konstruksi di Pekanbaru maka terdapat beberapa saran antara lain:

1. Sesuai dengan permintaan dari para peserta yaitu karyawan CV. Alam Karya Terampil, diharapkan akan dilaksanakan workshop yang lebih mendetail.
2. Kegiatan workshop dimasa yang akan datang dapat ditambah jumlah hari workshop untuk lebih memperdalam pemahaman peserta tentang topik yang disampaikan.

Daftar Pustaka

- Adibroto, F., 2014, Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan *Concrete Block*, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 10 No. 1, pp. 1–11, ISSN : 1858-2133.
- Kasyanto, H., 2012. Tinjauan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dengan Aktivator Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, Vol. 3, pp. 254–259.
- Lloyd, N. A., dan Rangan, B. V., 2010, *Geopolymer concrete with fly ash*, *2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Italy.
- Satria, J., Sugiarto, A., Antoni, & Hardjito, D. (2015). Karakteristik Beton Geopolimer Berdasarkan Variasi Waktu Pengambilan Fly Ash. *Journal Universitas Kristen Petra*, Vol. 2 No. 2, pp. 1–8, ISSN : 2598-2397.
- Umboh, A. H., Sumajouw, M. D. J., dan Windah, R. S, 2014, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 2 No. 7, pp. 352–358, ISSN : 2337-6732.