

Sosialisasi Inovasi material Menggunakan Silica Fume dan Fly Ash sebagai Bahan Tambah pada beton

Anastasia Septya Wardaningrum^{1*}, Era Agita Kabdiyono², Ahmad Fachri Ilham Al Akmal³, Iqbal Rusdiani⁴, Kukuh Faizal Akhmad⁵, Muhammad Khoirul Dzakwan⁶
^{1,2,3,4,5,6} Universitas Dian Nusantara, Indonesia

Tj. Duren Bar. 2 No.1, RT.1/RW.5, Tj. Duren Utara, Kec. Grogol petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11470

Article History

Received : 13 Mei 2025

Revised : 29 Mei 2026

Accepted : 30 Mei 2026

Published : 06 Juni 2026

Corresponding author*:

era.agita.k@undira.ac.id

Cite This Article:

Anastasia Septya Wardaningrum, Agita Kabdiyono, E., Ahmad Fachri Ilham Al Akmal, Iqbal Rusdiani, Kukuh Faizal Akhmad, & Muhammad Khoirul Dzakwan. (2026). Sosialisasi Inovasi material Menggunakan Silica Fume dan Fly Ash sebagai Bahan Tambah pada beton. *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, 5(2), 1–10.

DOI:

<https://doi.org/10.56127/jammu.v5i2.2797>

Abstract: *This title describes an activity (such as a seminar, workshop, or presentation) aimed at disseminating information (socialization) about an innovation in the field of construction materials. Many small-scale construction practitioners, craftsmen, or the general public still use conventional concrete mixing methods (only cement, sand, gravel, water). They do not understand that the addition of additives can significantly change the properties of concrete. Fly Ash (fly ash from coal combustion) and Silica Fume (residual silicon metal production) are industrial wastes that are abundantly produced. If not utilized, these materials often become environmental pollutants. In the field, this waste is often considered useless, even though it has high pozzolanic properties. Conventional concrete often has quite large micropores, making it susceptible to water seepage and cracking over time. Without additives, it is difficult to achieve high-quality concrete or watertight concrete at the greatest cost efficiency. In the field, cement use is often wasteful. Replacing some cement with Fly Ash or Silica Fume is a global solution that has not been widely implemented at the local/community level. The main objective of this activity is to bridge modern concrete technology with its applications in society to create better and more sustainable construction. The main focus of innovation is the use of two specific materials: Silica Fume and Fly Ash. These two materials—often byproducts or waste from other industries—are presented as additives mixed into concrete.*

Keywords: Concrete, Fly Ash, Admixture, Material Innovation, Silica Fume

Abstrak: Judul ini mendeskripsikan sebuah kegiatan (seperti seminar, lokakarya, atau presentasi) yang bertujuan untuk menyebarkan informasi (sosialisasi) mengenai sebuah inovasi di bidang material konstruksi. Banyak praktisi konstruksi skala kecil, tukang, atau masyarakat umum masih menggunakan metode pencampuran beton konvensional (hanya semen, pasir, kerikil, air). Mereka belum memahami bahwa penambahan bahan additives (bahan tambah) dapat mengubah sifat beton secara signifikan. Fly Ash (abu terbang sisa pembakaran batu bara) dan Silica Fume (sisa produksi logam silikon) merupakan limbah industri yang produksinya melimpah. Jika tidak dimanfaatkan, material ini sering kali menjadi pencemar lingkungan. Di lapangan, limbah ini sering dianggap tidak berguna, padahal memiliki sifat pozzolanic yang tinggi. Beton konvensional sering kali memiliki pori-pori mikro yang cukup besar, membuatnya rentan terhadap rembesan air dan retak seiring waktu. Tanpa bahan tambah, sulit mencapai beton mutu tinggi atau beton yang kedap air dengan biaya yang efisien. Di lapangan, penggunaan semen sering kali boros. Mengganti sebagian semen dengan Fly Ash atau Silica Fume adalah solusi global yang belum banyak diterapkan di tingkat lokal/komunitas. Tujuan utama kegiatan ini adalah menjembatani teknologi beton modern dengan aplikasinya di masyarakat untuk menciptakan konstruksi yang lebih baik dan berkelanjutan. Inovasi yang menjadi fokus utama adalah pemanfaatan dua material spesifik, yaitu Silica Fume (abu silika) dan Fly Ash (abu terbang). Kedua material ini yang seringkali merupakan produk sampingan atau limbah dari industri lain disajikan sebagai bahan tambah (aditif) yang dicampurkan ke dalam beton.

Kata kunci: Beton, Abu Terbang, Bahan Tambah, Material Inovasi

PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor penting yang berperan besar dalam mendukung pembangunan infrastruktur, permukiman, fasilitas publik, dan pertumbuhan ekonomi masyarakat. Kebutuhan terhadap material konstruksi, khususnya beton, terus meningkat karena beton masih menjadi material utama yang banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan pembangunan. Beton dipilih karena memiliki kekuatan tekan yang baik, bahan penyusunnya mudah diperoleh, serta dapat diaplikasikan pada berbagai jenis konstruksi. Namun, di balik manfaat tersebut, produksi beton juga memiliki dampak lingkungan yang cukup besar, terutama karena tingginya penggunaan semen Portland sebagai bahan pengikat utama.



Gambar 1. Skema hubungan semen terhadap lingkungan

Produksi semen Portland diketahui menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah besar. Emisi tersebut berasal dari proses kalsinasi batu kapur dan penggunaan energi pada proses pembakaran klinker. Semakin tinggi kebutuhan semen dalam pekerjaan konstruksi, semakin besar pula potensi emisi karbon yang dihasilkan. Kondisi ini menjadi tantangan penting dalam bidang teknik sipil karena pembangunan infrastruktur perlu terus berjalan, tetapi di sisi lain harus tetap memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, inovasi material beton yang lebih ramah lingkungan menjadi kebutuhan yang mendesak untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Mehta & Monteiro, 2014; Mindess et al., 2015).

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam teknologi beton adalah penggunaan bahan tambah mineral atau supplementary cementitious materials (SCMs). Bahan tambah mineral dapat digunakan untuk menggantikan sebagian semen atau meningkatkan sifat tertentu pada beton. Di antara material yang banyak digunakan adalah fly ash dan silica fume. Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang memiliki sifat pozzolanic, sedangkan silica fume merupakan produk samping industri silikon atau ferrosilikon yang memiliki ukuran partikel sangat halus dan kandungan silika amorf yang tinggi. Kedua material tersebut dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen dan membentuk senyawa tambahan yang berkontribusi terhadap peningkatan kepadatan serta kualitas mikrostruktur beton (Thomas, 2013; ASTM International, 2020).

Penggunaan fly ash dan silica fume dalam campuran beton memiliki beberapa manfaat teknis. Fly ash dapat membantu meningkatkan workability, mengurangi panas hidrasi, serta meningkatkan durabilitas beton pada umur lanjut. Sementara itu, silica fume dikenal mampu mengisi pori-pori mikro dalam beton sehingga beton menjadi lebih padat, lebih tahan terhadap penetrasi air, dan berpotensi memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Dengan demikian, kedua material ini tidak hanya berperan sebagai bahan tambah, tetapi juga sebagai solusi untuk meningkatkan kualitas beton sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap semen Portland (Mehta & Monteiro, 2014; Thomas, 2013).

Selain memiliki manfaat teknis, pemanfaatan fly ash dan silica fume juga memberikan nilai lingkungan. Kedua material tersebut merupakan produk samping industri yang apabila tidak dimanfaatkan dapat berpotensi menjadi limbah. Melalui penggunaannya dalam campuran beton, limbah industri dapat diubah menjadi material bernilai guna. Hal ini sejalan dengan konsep konstruksi berkelanjutan, yaitu memanfaatkan sumber daya secara efisien, mengurangi limbah, serta menekan dampak lingkungan dari aktivitas pembangunan. Penggunaan bahan tambah mineral juga mendukung prinsip pembangunan ramah lingkungan dan dapat berkontribusi terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya pada aspek industri berkelanjutan, inovasi, infrastruktur, serta konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (Kementerian PUPR, 2022).

Meskipun teknologi penggunaan fly ash dan silica fume telah banyak dibahas dalam bidang akademik dan industri konstruksi modern, penerapannya di tingkat masyarakat masih relatif terbatas. Banyak pekerja

konstruksi skala kecil, tukang bangunan, pelaku usaha konstruksi lokal, serta siswa SMK teknik bangunan yang masih menggunakan metode pencampuran beton secara konvensional, yaitu hanya mengandalkan semen, pasir, agregat, dan air. Pengetahuan mengenai fungsi bahan tambah, perbandingan campuran, manfaat teknis, serta dampak lingkungannya belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat. Akibatnya, peluang pemanfaatan material alternatif yang lebih ramah lingkungan belum dapat diterapkan secara optimal dalam pekerjaan konstruksi sederhana.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi material beton dengan tingkat pemahaman masyarakat sebagai pengguna langsung di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan edukasi dan sosialisasi yang dapat menjembatani pengetahuan akademik dengan praktik konstruksi di masyarakat. Sosialisasi mengenai penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton menjadi penting untuk memberikan wawasan mengenai material beton ramah lingkungan, manfaat pengurangan penggunaan semen, serta potensi peningkatan kualitas beton melalui pemanfaatan material pozzolanic.

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dilaksanakan sebagai upaya untuk meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat mengenai inovasi material beton berbasis silica fume dan fly ash. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada penyampaian teori, tetapi juga diarahkan pada pemahaman praktis mengenai fungsi bahan tambah, manfaat lingkungan, serta potensi penerapannya dalam pekerjaan konstruksi skala kecil. Melalui kegiatan ini, peserta diharapkan mampu memahami tiga aspek utama, yaitu dampak lingkungan dari penggunaan semen Portland yang berlebihan, manfaat teknis penggunaan fly ash dan silica fume dalam campuran beton, serta efisiensi material yang dapat diperoleh melalui pemanfaatan bahan tambah mineral.

Dengan adanya kegiatan sosialisasi ini, masyarakat diharapkan memperoleh wawasan baru mengenai pentingnya penggunaan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, kegiatan ini juga diharapkan dapat mendorong perubahan cara pandang masyarakat bahwa limbah industri seperti fly ash dan silica fume dapat dimanfaatkan sebagai material bernilai guna dalam bidang konstruksi. Pada akhirnya, kegiatan ini diharapkan dapat mendukung peningkatan literasi teknologi beton, memperkuat kesadaran terhadap konstruksi berkelanjutan, serta membuka peluang penerapan inovasi material beton di tingkat masyarakat.

KAJIAN TEORITIS

Beton dan Kebutuhan Inovasi Material Ramah Lingkungan

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur, bangunan gedung, jalan, jembatan, dan berbagai fasilitas publik. Beton umumnya tersusun atas semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan tertentu sesuai kebutuhan teknis. Penggunaan beton secara luas disebabkan oleh sifatnya yang kuat terhadap tekan, mudah dibentuk, relatif ekonomis, dan bahan penyusunnya mudah diperoleh.

Namun, penggunaan beton juga memiliki tantangan lingkungan, terutama karena tingginya penggunaan semen Portland sebagai bahan pengikat utama. Produksi semen membutuhkan energi tinggi dan menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan material beton ramah lingkungan menjadi salah satu upaya penting dalam mendukung konstruksi berkelanjutan. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah penggunaan bahan tambah mineral seperti silica fume dan fly ash untuk meningkatkan kualitas beton sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap semen Portland.

Silica Fume sebagai Bahan Tambah Beton

Silica fume merupakan material sangat halus yang berasal dari hasil samping industri silikon atau ferrosilikon. Material ini memiliki kandungan silika amorf yang tinggi dan ukuran partikel yang jauh lebih kecil dibandingkan semen. Karena sifat tersebut, silica fume dapat berperan sebagai bahan pozzolan sekaligus pengisi pori mikro dalam campuran beton.

Dalam campuran beton, silica fume dapat membantu meningkatkan kepadatan mikrostruktur beton. Partikel halus silica fume mampu mengisi rongga-rongga kecil di antara partikel semen, sehingga porositas beton dapat berkurang. Selain itu, reaksi pozzolanik silica fume dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen dapat menghasilkan senyawa tambahan yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan dan durabilitas

beton. Oleh karena itu, penggunaan silica fume sering dikaitkan dengan peningkatan kuat tekan, ketahanan terhadap penetrasi air, serta ketahanan beton terhadap lingkungan agresif.

Fly Ash sebagai Bahan Tambah Beton

Fly ash atau abu terbang merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang banyak dihasilkan oleh industri pembangkit listrik tenaga uap. Material ini memiliki kandungan silika, alumina, dan oksida lain yang membuatnya memiliki sifat pozzolanik. Dalam campuran beton, fly ash dapat digunakan sebagai bahan tambah atau sebagai pengganti sebagian semen dalam persentase tertentu.

Penggunaan fly ash pada beton memberikan beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan workability, mengurangi panas hidrasi, memperbaiki durabilitas, serta membantu menekan penggunaan semen Portland. Selain itu, pemanfaatan fly ash juga memberikan manfaat lingkungan karena dapat mengurangi jumlah limbah industri yang dibuang ke lingkungan. Dengan demikian, fly ash memiliki peran penting dalam pengembangan beton ramah lingkungan dan konstruksi berkelanjutan.

Bahan Tambah Mineral dan Kualitas Beton

Bahan tambah mineral merupakan material tambahan yang digunakan dalam campuran beton untuk memperbaiki sifat beton segar maupun beton keras. Silica fume dan fly ash termasuk bahan tambah mineral yang banyak digunakan karena memiliki kemampuan meningkatkan sifat beton melalui mekanisme fisik dan kimia.

Secara fisik, partikel halus bahan tambah mineral dapat mengisi ruang kosong di antara partikel semen dan agregat sehingga beton menjadi lebih padat. Secara kimia, material pozzolanik dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida dan menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat tambahan yang berperan dalam peningkatan kekuatan beton. Dengan penggunaan yang tepat, bahan tambah mineral dapat membantu menghasilkan beton yang lebih kuat, lebih tahan lama, dan lebih efisien dari sisi penggunaan semen.

Namun, penggunaan silica fume dan fly ash tetap memerlukan pemahaman teknis yang baik. Proporsi campuran, kualitas material, kebutuhan air, metode pencampuran, serta tujuan penggunaan beton harus diperhatikan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Oleh karena itu, edukasi kepada masyarakat dan pelaku konstruksi menjadi penting agar penggunaan bahan tambah tersebut tidak dilakukan secara sembarangan.

Konstruksi Berkelanjutan dan Pemanfaatan Limbah Industri

Konstruksi berkelanjutan merupakan pendekatan pembangunan yang memperhatikan keseimbangan antara aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dalam bidang material beton, konsep ini dapat diterapkan melalui pengurangan penggunaan semen, pemanfaatan limbah industri, efisiensi material, serta pengembangan teknologi konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

Silica fume dan fly ash merupakan contoh material hasil samping industri yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan tambah beton. Pemanfaatan kedua material ini tidak hanya memberikan keuntungan teknis pada beton, tetapi juga mendukung pengurangan limbah industri. Dengan demikian, penggunaan silica fume dan fly ash dapat menjadi bagian dari penerapan prinsip reduce, reuse, dan recycle dalam sektor konstruksi.

Pemanfaatan material alternatif juga memiliki nilai strategis karena dapat memperkenalkan konsep ekonomi sirkular kepada masyarakat. Limbah atau produk samping industri yang sebelumnya dianggap tidak bernilai dapat diolah dan dimanfaatkan kembali menjadi material konstruksi yang memiliki fungsi teknis dan nilai ekonomi.

Pentingnya Sosialisasi kepada Masyarakat dan Pelaku Konstruksi

Meskipun penggunaan silica fume dan fly ash telah banyak dibahas dalam bidang teknologi beton, pemahaman masyarakat mengenai manfaat dan cara penerapannya masih relatif terbatas. Banyak pekerja konstruksi, siswa SMK teknik, dan masyarakat umum masih menggunakan metode pencampuran beton secara konvensional tanpa mempertimbangkan pemanfaatan bahan tambah mineral. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi material beton dengan praktik konstruksi di tingkat masyarakat.

Sosialisasi menjadi salah satu cara untuk memperkenalkan inovasi material beton kepada masyarakat. Melalui kegiatan sosialisasi, masyarakat dapat memperoleh informasi mengenai manfaat silica fume dan fly ash, cara penggunaannya secara sederhana, serta potensi kontribusinya terhadap konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, kegiatan demonstrasi atau praktik langsung dapat membantu peserta memahami proses pencampuran beton dengan bahan tambah secara lebih aplikatif.

Kegiatan sosialisasi juga memiliki peran dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penggunaan material berkelanjutan dalam pekerjaan konstruksi. Dengan meningkatnya pemahaman tersebut, masyarakat diharapkan tidak hanya mengetahui manfaat teknis bahan tambah beton, tetapi juga memahami kontribusinya terhadap pengurangan dampak lingkungan.

Transfer Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

Pengabdian kepada Masyarakat merupakan salah satu bentuk penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dari perguruan tinggi kepada masyarakat. Dalam konteks inovasi material beton, kegiatan pengabdian dapat menjadi sarana untuk menjembatani hasil kajian akademik dengan kebutuhan praktis di lapangan. Perguruan tinggi memiliki peran penting dalam memberikan edukasi, pelatihan, dan pendampingan kepada masyarakat agar teknologi yang dikembangkan dapat dipahami dan dimanfaatkan secara tepat.

Sosialisasi penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton merupakan bentuk transfer iptek yang relevan dengan kebutuhan masyarakat konstruksi. Kegiatan ini tidak hanya memberikan pengetahuan teoretis, tetapi juga memperkenalkan penerapan sederhana yang dapat digunakan dalam pekerjaan konstruksi skala kecil. Dengan pendekatan edukatif dan partisipatif, masyarakat, pekerja konstruksi, dan siswa SMK teknik dapat memahami konsep inovasi material beton secara lebih mudah.

Melalui kegiatan ini, perguruan tinggi juga dapat membangun kolaborasi dengan masyarakat dalam pengembangan teknologi konstruksi berkelanjutan. Kolaborasi tersebut diharapkan dapat mendorong penerapan material ramah lingkungan, meningkatkan keterampilan masyarakat, serta memperkuat kesadaran terhadap pentingnya inovasi dalam bidang konstruksi.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan dengan pendekatan edukatif-partisipatif yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat mengenai pemanfaatan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah pada beton. Sasaran kegiatan meliputi pekerja konstruksi, pelaku usaha konstruksi skala kecil, siswa SMK Teknik Bangunan, serta masyarakat yang memiliki keterkaitan dengan kegiatan pembangunan dan konstruksi. Metode pelaksanaan dirancang dalam beberapa tahapan yang saling berkesinambungan, mulai dari persiapan hingga evaluasi kegiatan.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan untuk memastikan seluruh kebutuhan kegiatan dapat dipenuhi dengan baik sehingga pelaksanaan program berjalan secara efektif. Kegiatan pada tahap ini meliputi:

- a. Survei Lokasi dan Koordinasi dengan Mitra
Tim pelaksana melakukan survei awal ke lokasi kegiatan untuk mengidentifikasi kebutuhan mitra, tingkat pemahaman masyarakat mengenai teknologi beton ramah lingkungan, serta kondisi lapangan yang mendukung pelaksanaan kegiatan. Selain itu, dilakukan koordinasi dengan pihak mitra, seperti kelompok pekerja bangunan, sekolah menengah kejuruan (SMK) bidang teknik bangunan, maupun masyarakat sekitar lokasi pembangunan. Koordinasi ini bertujuan untuk menentukan jadwal kegiatan, jumlah peserta, lokasi pelaksanaan, serta bentuk kegiatan yang sesuai dengan kebutuhan peserta.
- b. Penyusunan Modul dan Media Edukasi
Setelah kebutuhan mitra teridentifikasi, tim menyusun materi sosialisasi dalam bentuk modul pelatihan, bahan presentasi, dan leaflet edukatif. Materi yang disusun mencakup konsep dasar beton ramah lingkungan, karakteristik silica fume dan fly ash, manfaat penggunaannya dalam campuran beton, serta penerapannya dalam pekerjaan konstruksi sederhana. Penyusunan media edukasi dilakukan dengan bahasa yang mudah dipahami agar materi dapat diterima oleh seluruh peserta dengan berbagai latar belakang pendidikan.
- c. Persiapan Alat dan Bahan
Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama kegiatan sosialisasi dan demonstrasi. Bahan yang dipersiapkan meliputi semen Portland, pasir, agregat kasar, air, silica fume, dan

fly ash. Selain itu, disiapkan pula peralatan pendukung seperti cetakan benda uji, alat pencampur beton, timbangan material, alat presentasi, dan perlengkapan dokumentasi kegiatan.

Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu sosialisasi, demonstrasi praktik, serta diskusi dan evaluasi.

a. Kegiatan Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi dilakukan melalui penyampaian materi secara langsung menggunakan media presentasi. Materi yang diberikan meliputi:

- Konsep beton ramah lingkungan dan konstruksi berkelanjutan.
- Dampak penggunaan semen Portland terhadap lingkungan.
- Pengertian dan karakteristik silica fume dan fly ash.
- Manfaat penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton.
- Potensi peningkatan kualitas beton melalui penggunaan material pozzolanik.
- Pemanfaatan limbah industri sebagai material konstruksi yang bernilai guna.
- Metode penyampaian dilakukan secara interaktif agar peserta dapat memahami materi dengan lebih baik dan memiliki kesempatan untuk menyampaikan pengalaman maupun permasalahan yang dihadapi dalam praktik konstruksi sehari-hari.

b. Kegiatan Demonstrasi

Setelah kegiatan sosialisasi, peserta diberikan demonstrasi langsung mengenai proses pencampuran beton menggunakan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah. Demonstrasi dilakukan untuk memberikan pemahaman praktis mengenai tahapan penggunaan material tersebut dalam campuran beton.

Tahapan demonstrasi meliputi:

- Pengenalan bahan dan peralatan yang digunakan.
- Penimbangan material sesuai komposisi campuran yang telah ditentukan.
- Proses pencampuran beton konvensional dan beton dengan bahan tambah.
- Pengamatan kondisi beton segar (workability dan homogenitas campuran).
- Pencetakan benda uji sederhana.
- Simulasi pengujian atau penjelasan mengenai uji kuat tekan beton.
- Melalui kegiatan demonstrasi ini, peserta dapat melihat secara langsung perbedaan karakteristik campuran beton yang menggunakan bahan tambah dan yang tidak menggunakan bahan tambah.

Tahap Diskusi dan Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta terhadap materi yang telah diberikan serta efektivitas kegiatan yang dilaksanakan. Evaluasi dilakukan melalui beberapa metode, yaitu:

a. Diskusi dan Tanya Jawab

Peserta diberikan kesempatan untuk berdiskusi dan mengajukan pertanyaan terkait penggunaan silica fume dan fly ash pada campuran beton. Sesi ini bertujuan untuk memperjelas materi yang belum dipahami serta menggali pengalaman peserta terkait praktik konstruksi yang selama ini dilakukan.

b. Pre-test dan Post-test

Pengukuran tingkat pemahaman peserta dilakukan menggunakan instrumen pre-test dan post-test. Pre-test diberikan sebelum kegiatan sosialisasi untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal peserta, sedangkan post-test diberikan setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai dilaksanakan.

Indikator yang dievaluasi meliputi:

- Pemahaman mengenai beton ramah lingkungan.
- Pengetahuan tentang fungsi silica fume dan fly ash.
- Pemahaman manfaat bahan tambah terhadap kualitas beton.
- Pengetahuan mengenai dampak lingkungan penggunaan semen.
- Pemahaman mengenai penerapan material berkelanjutan pada bidang konstruksi.
- Peningkatan nilai antara pre-test dan post-test digunakan sebagai indikator keberhasilan kegiatan dalam meningkatkan pengetahuan peserta.

Indikator Keberhasilan Program

Keberhasilan kegiatan PKM ini diukur berdasarkan beberapa indikator, yaitu:

- Terlaksananya kegiatan sosialisasi dan demonstrasi sesuai rencana.

- Meningkatnya pemahaman peserta mengenai penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton.
- Meningkatnya kesadaran peserta terhadap pentingnya penggunaan material ramah lingkungan dalam konstruksi.
- Adanya partisipasi aktif peserta selama kegiatan diskusi dan demonstrasi.
- Tersusunnya modul dan media edukasi yang dapat digunakan sebagai panduan lanjutan bagi masyarakat.

Alur Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan PKM dilaksanakan melalui tahapan sebagai berikut:

Survei Lokasi dan Identifikasi Masalah ,Üi Koordinasi dengan Mitra ,Üi Penyusunan Modul dan Media Edukasi ,Üi Persiapan Alat dan Bahan ,Üi Sosialisasi Materi ,Üi Demonstrasi Pencampuran Beton ,Üi Diskusi dan Tanya Jawab ,Üi Pre-test dan Post-test ,Üi Evaluasi Hasil Kegiatan ,Üi Penyusunan Laporan dan Tindak Lanjut Program

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Kegiatan Sosialisasi

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) mengenai pemanfaatan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton dilaksanakan melalui metode sosialisasi, demonstrasi praktik, diskusi interaktif, dan evaluasi peserta. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai inovasi material beton yang lebih ramah lingkungan sekaligus memperkenalkan teknologi konstruksi yang dapat diterapkan dalam pekerjaan konstruksi sederhana.

Pada tahap sosialisasi, peserta diberikan materi mengenai konsep beton ramah lingkungan, dampak penggunaan semen Portland terhadap lingkungan, karakteristik silica fume dan fly ash, serta manfaat penggunaannya dalam campuran beton. Materi juga menjelaskan bahwa kedua material tersebut merupakan bahan pozzolanik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas beton sekaligus mengurangi penggunaan semen.

Kegiatan sosialisasi dilaksanakan secara interaktif sehingga peserta tidak hanya menerima materi secara teoritis, tetapi juga diberikan kesempatan untuk menyampaikan pengalaman dan permasalahan yang selama ini dihadapi dalam pekerjaan konstruksi. Pendekatan ini dilakukan untuk menciptakan komunikasi dua arah antara tim pelaksana dan peserta sehingga proses transfer ilmu pengetahuan dapat berlangsung lebih efektif.



Gambar 2. Dokumentasi Kegiatan

Berdasarkan hasil pengamatan selama kegiatan berlangsung, peserta menunjukkan antusiasme yang baik terhadap materi yang disampaikan. Hal ini terlihat dari tingginya partisipasi peserta dalam sesi diskusi dan tanya jawab. Sebagian besar peserta mengaku baru mengetahui bahwa fly ash dan silica fume dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah beton yang memiliki manfaat teknis maupun lingkungan. Temuan ini menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi berhasil memberikan wawasan baru kepada masyarakat mengenai teknologi material beton yang lebih modern dan berkelanjutan.

Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Peserta

Salah satu capaian utama dari kegiatan ini adalah meningkatnya pengetahuan peserta mengenai konsep beton ramah lingkungan dan penggunaan bahan tambah mineral dalam campuran beton. Sebelum kegiatan dilaksanakan, sebagian besar peserta hanya mengenal metode pencampuran beton konvensional yang terdiri atas semen, pasir, agregat, dan air. Pengetahuan mengenai penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah masih sangat terbatas.

Setelah mengikuti kegiatan sosialisasi dan demonstrasi, peserta memperoleh pemahaman mengenai fungsi bahan tambah, karakteristik material pozzolanik, serta manfaat penggunaannya dalam meningkatkan kualitas beton. Peserta juga memahami bahwa penggunaan fly ash dan silica fume dapat membantu mengurangi penggunaan semen sehingga berdampak pada pengurangan emisi karbon dalam industri konstruksi.

Selain peningkatan pengetahuan, kegiatan ini juga memberikan peningkatan keterampilan dasar kepada peserta. Melalui demonstrasi langsung, peserta dapat memahami tahapan pencampuran beton dengan bahan tambah, mulai dari pengenalan material, proses penimbangan, pencampuran, hingga pengamatan sifat beton segar. Kegiatan praktik ini memberikan pengalaman langsung yang membantu peserta memahami penerapan teknologi material beton secara lebih aplikatif.

Peningkatan Kesadaran terhadap Konstruksi Berkelanjutan

Aspek penting lainnya yang diperoleh dari kegiatan ini adalah meningkatnya kesadaran peserta terhadap pentingnya penerapan konstruksi berkelanjutan. Sebelumnya, sebagian besar peserta lebih berfokus pada aspek kekuatan dan biaya material tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaan material konstruksi.

Melalui kegiatan sosialisasi, peserta mulai memahami bahwa industri semen merupakan salah satu penyumbang emisi karbon yang cukup besar. Oleh karena itu, penggunaan material alternatif seperti fly ash dan silica fume dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dari sektor konstruksi. Kesadaran ini menjadi langkah awal yang penting dalam mendorong penerapan material ramah lingkungan pada pekerjaan konstruksi di tingkat masyarakat.

Selain itu, peserta juga memperoleh pemahaman bahwa fly ash dan silica fume yang selama ini dianggap sebagai limbah industri sebenarnya memiliki nilai tambah apabila dimanfaatkan secara tepat. Pemanfaatan kedua material tersebut tidak hanya meningkatkan kualitas beton, tetapi juga mendukung konsep pemanfaatan limbah industri sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan.

Hasil Observasi Lapangan

Berdasarkan hasil observasi dan diskusi selama kegiatan berlangsung, ditemukan beberapa permasalahan utama yang masih dihadapi masyarakat terkait penerapan inovasi material beton. Pertama, tingkat pemahaman masyarakat mengenai material inovatif pada beton masih relatif rendah. Sebagian besar peserta belum mengenal fungsi dan manfaat silica fume maupun fly ash dalam campuran beton. Kondisi ini menunjukkan bahwa informasi mengenai perkembangan teknologi material konstruksi belum tersampaikan secara merata kepada masyarakat. Kedua, masih terbatasnya kegiatan pelatihan praktis yang memperkenalkan penggunaan bahan tambah beton secara langsung. Selama ini, masyarakat umumnya hanya memperoleh informasi berdasarkan pengalaman lapangan tanpa adanya pendampingan teknis yang memadai. Ketiga, tingginya ketergantungan terhadap penggunaan semen konvensional menjadi tantangan dalam penerapan teknologi beton ramah lingkungan. Masyarakat masih beranggapan bahwa peningkatan kualitas beton hanya dapat dicapai melalui penambahan jumlah semen, padahal penggunaan bahan tambah tertentu dapat menjadi alternatif yang lebih efisien. Keempat, belum tersedianya panduan praktis yang mudah dipahami oleh masyarakat mengenai penggunaan silica fume dan fly ash dalam campuran

beton. Kondisi ini menyebabkan masyarakat ragu untuk mencoba menerapkan inovasi material tersebut secara mandiri.

Solusi yang Diberikan Melalui Kegiatan PKM

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, kegiatan PKM ini menawarkan beberapa solusi yang dapat diterapkan secara langsung oleh masyarakat. Solusi pertama adalah pelaksanaan sosialisasi dan edukasi mengenai manfaat, fungsi, serta potensi penggunaan silica fume dan fly ash dalam campuran beton. Melalui kegiatan ini, peserta memperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai material inovatif yang dapat digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Solusi kedua adalah pelaksanaan demonstrasi langsung proses pencampuran beton menggunakan bahan tambah silica fume dan fly ash. Demonstrasi ini memberikan pengalaman praktis kepada peserta sehingga mereka dapat memahami tahapan penggunaan material secara lebih jelas dibandingkan hanya melalui penyampaian teori.

Solusi ketiga adalah mendorong penggunaan fly ash sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Pendekatan ini berpotensi mengurangi penggunaan semen Portland sekaligus mendukung upaya pengurangan emisi karbon pada sektor konstruksi. Solusi keempat adalah penyusunan modul dan panduan sederhana yang dapat digunakan oleh masyarakat sebagai referensi dalam menerapkan teknologi beton ramah lingkungan secara mandiri. Panduan tersebut diharapkan menjadi media pembelajaran yang dapat digunakan setelah kegiatan PKM selesai dilaksanakan.

Dampak Kegiatan terhadap Masyarakat

Secara umum, kegiatan PKM ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas masyarakat dalam memahami teknologi beton ramah lingkungan. Dampak tersebut terlihat dari meningkatnya pengetahuan peserta, bertambahnya keterampilan dasar dalam pencampuran beton dengan bahan tambah, serta tumbuhnya kesadaran mengenai pentingnya penggunaan material berkelanjutan dalam sektor konstruksi. Kegiatan ini juga berhasil menjembatani transfer ilmu pengetahuan dari perguruan tinggi kepada masyarakat melalui pendekatan edukatif dan partisipatif. Dengan adanya kegiatan ini, masyarakat memperoleh akses terhadap informasi teknologi material beton yang sebelumnya hanya banyak dibahas di lingkungan akademik dan industri konstruksi modern. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sosialisasi dan demonstrasi penggunaan silica fume dan fly ash memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai program edukasi berkelanjutan. Oleh karena itu, kegiatan serupa perlu terus dilakukan dengan cakupan peserta yang lebih luas agar manfaat teknologi konstruksi ramah lingkungan dapat dirasakan oleh lebih banyak masyarakat.

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat mengenai sosialisasi inovasi material beton menggunakan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton telah memberikan manfaat positif bagi peserta, khususnya dalam meningkatkan pengetahuan tentang beton ramah lingkungan dan pemanfaatan limbah industri sebagai material konstruksi bernilai guna. Melalui kegiatan sosialisasi, peserta memperoleh pemahaman bahwa kualitas beton tidak hanya ditentukan oleh penggunaan semen Portland dalam jumlah besar, tetapi juga dapat ditingkatkan melalui penggunaan bahan tambah mineral yang memiliki sifat pozzolanik. Pelaksanaan kegiatan ini juga menunjukkan bahwa penggunaan silica fume dan fly ash dapat diperkenalkan kepada masyarakat, pekerja konstruksi, dan siswa SMK melalui pendekatan edukatif dan demonstrasi sederhana. Peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan teoritis mengenai fungsi kedua material tersebut, tetapi juga mendapatkan gambaran praktis mengenai proses pencampuran beton dengan bahan tambah. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan PKM dapat menjadi media transfer ilmu pengetahuan dan teknologi dari perguruan tinggi kepada masyarakat secara langsung. Selain meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dasar peserta, kegiatan ini juga mendorong peningkatan kesadaran terhadap pentingnya penggunaan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan fly ash dan silica fume berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap semen konvensional, menekan dampak lingkungan dari industri konstruksi, serta mendukung penerapan konsep konstruksi berkelanjutan. Dengan demikian, kegiatan ini dapat menjadi langkah awal dalam memperkenalkan inovasi material beton yang lebih efisien, aplikatif, dan berorientasi pada keberlanjutan.

Secara keseluruhan, kegiatan sosialisasi ini berhasil memberikan pemahaman awal kepada peserta mengenai manfaat penggunaan silica fume dan fly ash sebagai bahan tambah beton. Namun, penerapan lebih lanjut masih memerlukan pendampingan teknis, pengujian material, serta panduan praktis yang lebih rinci agar

masyarakat dapat menggunakan material tersebut secara tepat dan aman dalam pekerjaan konstruksi skala kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2020). *ASTM C1240-20: Standard specification for silica fume used in cementitious mixtures*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Hardjito, D., & Rangan, B. V. (2005). *Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete*. Perth, Australia: Curtin University of Technology.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Pedoman penggunaan material ramah lingkungan untuk infrastruktur berkelanjutan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Konstruksi.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2015). *Concrete* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Siddique, R. (2011). *Utilization of industrial by-products in concrete*. *Procedia Engineering*, 95, 335–347.
- SNI 7974:2013. (2013). *Spesifikasi bahan tambah mineral untuk campuran beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Thomas, M. (2013). *Supplementary cementing materials in concrete*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 7656:2020 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa*. Jakarta: BSN.
- Aitcin, P. C. (2000). *High-performance concrete*. London, England: E & FN Spon.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Mangi, S. A., Ibrahim, M. H. W., Jamaluddin, N., Arshad, M. F., & Putra Jaya, R. (2019). Short-term effects of silica fume and fly ash on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 210, 537–548.
- Khan, M. I., & Siddique, R. (2011). Utilization of silica fume in concrete: Review of durability properties. *Resources, Conservation and Recycling*, 57, 30–35.
- Naik, T. R. (2008). Sustainability of concrete construction. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 13(2), 98–103.