



PENGARUH VARIASI KOMPOSISI VOLUME FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Rahayu Wulan Ramadani¹, Irianto², Pangeran Holong Sitorus³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

rahayuwulan247@gmail.com, irian.anto@gmail.com, pangeransitorus1@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena kekuatannya yang tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi material adalah dengan memanfaatkan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi high volume fly ash terhadap kuat tekan beton pada umur 28 dan 56 hari. Variasi kadar fly ash yang digunakan adalah 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat semen. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur, sesuai dengan teori pengembangan kekuatan beton. Namun, penambahan fly ash dalam jumlah tinggi menyebabkan penurunan kuat tekan yang signifikan dibandingkan beton tanpa fly ash. Beton dengan kadar fly ash 40% menunjukkan kuat tekan sebesar 23.5 Mpa pada umur 28 hari dan 24.2 Mpa pada umur 56 hari. Untuk beton dengan kadar fly ash 50% kuat tekan yang dihasilkan adalah 22.1 Mpa pada umur 28 hari dan 23.6 Mpa pada umur 56 hari. Beton dengan kadar fly ash 60% menghasilkan kuat tekan yang paling rendah yaitu 17,5 Mpa pada umur 28 hari dan 20 Mpa pada umur 56 hari. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kualitas fly ash yang kurang baik, reaksi pozzolanik yang lambat, serta pencampuran yang belum optimal. Dengan demikian, meskipun umur beton mempengaruhi peningkatan kekuatan, penggunaan high volume fly ash pada kualitas tertentu belum mampu menghasilkan kuat tekan sesuai target.

Kata kunci : Beton, Fly Ash, High Volume Fly Ash (HVFA), Kuat Tekan, Umur Beton

ABSTRACT

Concrete is a widely used construction material due to its high compressive strength. One method to improve material efficiency is by using fly ash as a partial replacement for cement. This study aims to determine the effect of high-volume fly ash composition on the compressive strength of concrete at 28 and 56 days of age. The fly ash content variations used were 0%, 40%, 50%, and 60% by weight of cement. The results show that the compressive strength of concrete increases with age, consistent with the theory of strength development. However, a high percentage of fly ash significantly reduces compressive strength compared to control concrete without fly ash. Concrete with 40% fly ash achieved a compressive strength of 23.5 MPa at 28 days and 24.2 MPa at 56 days. At 50% fly ash, the strength was 22.1 MPa and 23.6 MPa, respectively. Concrete with 60% fly ash showed the lowest strength, at 17.5 MPa (28 days) and 20 MPa (56 days). This may be due to the low quality of the fly ash, slow pozzolanic reaction, and suboptimal mixing. Therefore, although age contributes to strength development, the use of high-volume fly ash of certain qualities has not yet achieved the target compressive strength.

Keywords : Concrete, Fly Ash, High Volume Fly Ash (HVFA), Compressive Strength, Concrete Age

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan beton dalam konstruksi bangunan telah berkembang sangat pesat karena sifat mekaniknya yang unggul. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai



kekuatan baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Namun, produksi semen sebagai bahan utama beton menghasilkan emisi karbon yang tinggi serta biaya yang cukup besar. Untuk menjawab tantangan ini, berbagai upaya dilakukan, salah satunya adalah penggunaan bahan tambahan seperti *Fly Ash* yang merupakan residu hasil pembakaran batu bara yang bersifat pozzolan dan dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Penerapan teknologi *High Volume Fly Ash (HVFA)* bertujuan untuk memanfaatkan limbah industri sekaligus mengurangi penggunaan semen, namun dalam praktiknya, peningkatan kadar fly ash sering kali berdampak pada penurunan awal kuat tekan beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari campuran semen hidrolis, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air dengan atau tanpa bahan tambahan / *admixture* (SNI 2847:2013). Beton akan semakin mengeras seiring bertambahnya hari dan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada umur 28 hari. Kualitas beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu oleh mutu bahan, perbandingan semen dengan air (faktor air semen), metode pengerjaan dan cara perawatannya. Penggunaan material beton memiliki berbagai keunggulan yaitu, memiliki nilai ekonomis dibandingkan material lain (murah), mudah untuk dibentuk sesuai dengan yang direncanakan, tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan murah dan memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan yang besar. Meskipun beton memiliki beberapa keunggulan, beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu, rendahnya dalam menahan tarikan, beton yang sudah dibuat sulit untuk dirubah dan proses pelaksanaannya membutuhkan ketelitian tinggi. Menurut Mulyono (2021), klasifikasi beton berdasarkan mutunya sesuai SNI 03-6468:2000 dibagi menjadi 3 mutu, yaitu beton mutu rendah ($f_c' < 20$ MPa), beton mutu sedang ($20 \text{ MPa} \leq f_c' \leq 41,4 \text{ MPa}$) dan beton mutu tinggi ($f_c' \geq 41,4 \text{ MPa}$).

Fly Ash

Menurut Mulyono (2005), abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal dihasilkan dari pembakaran batu bara antrasit atau batu bara *bitumius* dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batu bara jenis lignite atau *subbitumius*. Abu terbang kelas C kemungkinan mengandung kapur (*lime*) lebih dari 10% beratnya. Menurut Lincolen (2017), Abu batubara merupakan limbah dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga uap. Abu batubara bersifat *pozzolan*, yakni bahan yang mengandung senyawa silika dan alumunium. *Fly-ash* atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). (Philip et al., 2015)



Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu oleh mesin tekan (SNI 03-1974:1990). Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Nilai kuat tekan beton dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

A

Dimana:

f_c' : Kuat tekan beton (Mpa)

P : Beban Tekan (Newton)

A : Luas Penampang benda uji (mm^2)

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan empat variasi campuran beton dengan substitusi fly ash masing-masing sebesar 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan kuat tekan rencana sebesar 33,20 Mpa. Total jumlah benda uji sebanyak 24 sampel, di mana setiap variasi terdiri dari 3 silinder beton yang diuji pada dua umur pengujian yaitu umur 28 hari dan umur 56 hari.

Tabel 1. Variasi Jumlah Pembuatan Benda Uji

Kode Benda Uji	Persentase Fly Ash (%)	Umur 28 Hari	Umur 56 Hari
TM 1	0	3	3
TM 2	40	3	3
TM 3	50	3	3
TM 4	60	3	3
Jumlah Benda Uji		12	12

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universita Yapis Papua, 2025

Keterangan :

TM 1 : *Trial Mix 1 (Fly Ash 0%)*

TM 2 : *Trial Mix 2 (Fly Ash 40%)*

TM 3 : *Trial Mix 3 (Fly Ash 50%)*

TM 4 : *Trial Mix 4 (Fly Ash 60%)*

Alur penelitian ini meliputi pengujian bahan, perhitungan campuran (*mix design*), pembuatan benda uji, pemeriksaan nilai *slump*, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan 28 hari dan 56 hari. Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) pengujian material sangat diperlukan, hal ini bertujuan untuk mengetahui data atau sifat karakteristik material apakah material tersebut memenuhi syarat yang ditetapkan sebagai bahan campuran pada beton. Pengujian yang dilakukan pada material agregat antara lain kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, kadar air dan gradasi. Setelah pengujian material selesai, selanjutnya adalah menghitung *mix design* (rencana adukan beton) dan pembuatan benda uji. Pemeriksaan nilai *slump* dilakukan untuk mengukur tingkat kecacakan/kekentalan adukan pada beton segar. Target nilai *slump* rencana *mix design* adalah 60-180 mm. Metode pengujian nilai *slump* dilakukan sesuai standar yang sudah ditetapkan yaitu SNI 1972:2008. Pembukaan benda uji dari cetakan dilakukan setelah umur 24 jam \pm 8 jam setelah pencetakan. Kemudian perawatan benda uji dengan memasukkan ke dalam bak perendaman sampai dengan waktu yang direncanakan untuk dilakukan pengujian. Perawatan benda uji dimaksudkan untuk mencegah adanya



penguapan air dari beton yang belum mengeras. Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji setiap variasinya. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dan 56 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) berkapasitas 2000 kN.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

Pengujian material dilakukan terhadap agregat halus dan agregat kasar. Rekapitulasi hasil pengujian agregat yang telah dilaksanakan, dapat ditunjukkan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat

No	Jenis Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Kadar Lumpur	2.04%	1.50%
2	Berat Jenis dan Penyerapan		
	Berat Jenis Kering	2.7 kg/L	2.66 kg/L
	Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	2.74 kg/L	2.69 kg/L
	Berat Jenis Semu	2.81 kg/L	1.85 kg/L
	Penyerapan	1.52%	1.04%
3	Kadar Air	2.78%	0.81%
4	Gradasi	3.04	7.29

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universitas Yapis Papua, 2025

Berdasarkan hasil pengujian agregat, dapat ditunjukkan bahwa agregat halus dan agregat kasar memenuhi persyaratan yang diijinkan untuk material campuran beton kecuali kadar lumpur pada agregat kasar melebihi batas yang diijinkan sehingga agregat perlu dicuci terlebih dahulu sebelum pengadukan.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan campuran beton (*mix design*) pada penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834:2000. Adapun rekapitulasi perhitungan bahan campuran beton ditunjukkan seperti pada tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi kebutuhan bahan campuran beton per 1 m³

Kode <i>Mix Design</i>	Air (kg)	Semen (kg)	<i>Fly Ash</i> (kg)	AH (kg)	AK (kg)	—
TM 1 FA 0%	3.16	2.42	0	11.28	16.67	
TM 2 FA 40%	3.16	1.45	0.97	11.28	16.67	
TM 3 FA 50%	3.16	1.21	1.21	11.28	16.67	
TM 4 FA 60%	3.16	0.97	1.45	11.28	16.67	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universitas Yapis Papua, 2025

Komposisi campuran beton menunjukkan bahwa volume air, agregat halus (11,28 kg) dan agregat kasar (16,67 kg) dijaga tetap pada semua variasi. Substitusi *fly ash* dilakukan terhadap semen dengan komposisi berbanding terbalik: semakin tinggi persentase *fly ash* maka semakin sedikit semen yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengamati pengaruh langsung *fly ash* terhadap kuat tekan beton.

Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilaksanakan sebelum penuangan beton segar ke dalam cetakan silinder. Berikut adalah data hasil pengujian *slump*, dapat dilihat pada Tabel 4.



Tabel 4. Hasil pengujian *slump* pada beton segar

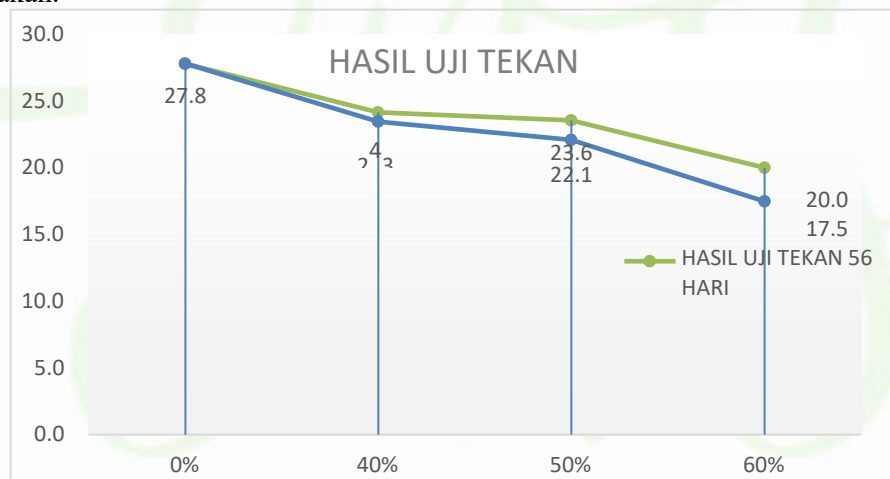
Kode Mix Design	Persentase Fly Ash (%)	Nilai <i>Slump</i> (mm)
TM 1	0	100
TM 2	40	100
TM 3	50	120
TM 4	60	130

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universita Yapis Papua, 2025

Berdasarkan tabel di atas maka didapatkan nilai *slump* yang beragam antara 100 – 130 mm, nilai tersebut masih memenuhi syarat yang sudah direncanakan antara 60 – 180 mm.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilaksanakan setelah benda uji silinder berumur 28 hari dan 56 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi *fly ash* terhadap kuat tekan beton. Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tekan beton, yang ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dan 56 hari dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *fly ash* yang digunakan.



Gambar 1. Diagram Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan 56 Hari

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universita Yapis Papua, 2025

Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran beton dengan kadar *fly ash* 0% atau beton normal tanpa penambahan *fly ash*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton tanpa campuran *fly ash* (0%) memiliki kuat tekan sebesar 27.8 Mpa pada umur 28 hari. Sementara itu beton dengan kadar *fly ash* 40% menunjukkan kuat tekan sebesar 23.5 Mpa pada umur 28 hari dan 24.2 Mpa pada umur 56 hari. Untuk beton dengan kadar *fly ash* 50% kuat tekan yang dihasilkan adalah 22.1 Mpa pada umur 28 hari dan 23.6 Mpa pada umur 56 hari. Beton dengan kadar *fly ash* 60% menghasilkan kuat tekan yang paling rendah yaitu 17,5 Mpa pada umur 28 hari dan 20 Mpa pada umur 56 hari. Adapun persentase peningkatan kuat tekan beton rata – rata dengan variasi *fly ash* umur 28 hari dan 56 hari ditunjukkan seperti pada tabel berikut.



Tabel 5. Tabel Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan 56 Hari

Persentase Fly Ash (%)	Kuat Tekan 28 Hari (Mpa)	Kuat Tekan 56 Hari (Mpa)	Kenaikan (%)
40	23.5	24.2	2.98
50	22.1	23.6	6.79
60	17.5	20	14.29

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Teknik Sipil Universita Yapis Papua, 2025

Berdasarkan grafik persentase peningkatan kuat tekan beton di atas, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 28 dan 56 hari dengan tiga variasi penggunaan fly ash sebesar 40%, 50% dan 60%. Secara umum, seluruh variasi mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton, yang selaras dengan teori bahwa reaksi hidrasi dan pozzolanik berlangsung lebih lanjut seiring waktu. Pada kadar fly ash 40% kuat tekan meningkat dari 23,5 Mpa menjadi 24,2 Mpa dengan kenaikan sebesar 2,98%. Peningkatan ini relatif kecil yang mengindikasikan bahwa reaksi pozzolanik belum berlangsung maksimal atau adanya keterbatasan reaktivitas fly ash pada kadar tersebut. Fly ash 50% menunjukkan kuat tekan 22,1 Mpa pada 28 hari meningkat menjadi 23,6 Mpa pada 56 hari atau naik sebesar 6,79%. Peningkatan ini menunjukkan reaksi pozzolanik yang lebih berkembang dibanding kadar 40% meskipun nilai awal kuat tekannya lebih rendah. Peningkatan paling signifikan terjadi pada kadar fly ash 60% dari 17,5 Mpa menjadi 20 Mpa atau sebesar 14,29%. Meskipun demikian, nilai kuat tekan ini tetap paling rendah di antara semua variasi. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun reaksi pozzolanik berlanjut hingga 56 hari, tingginya kadar fly ash menyebabkan penurunan kekuatan awal yang cukup besar, dan tidak sepenuhnya pulih pada umur lanjut. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan fly ash dalam volume tinggi harus dibatasi pada kadar tertentu untuk tetap mempertahankan mutu beton, dan bahwa durasi umur pengujian sangat mempengaruhi hasil yang diperoleh.

5 PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Pengaruh Variasi Komposisi High Volume Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur beton dari 28 hari ke 56 hari. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa kuat tekan seluruh variasi campuran beton, baik tanpa *fly ash* maupun dengan penambahan *fly ash* (40%, 50%, dan 60%), mengalami peningkatan dari umur 28 hari ke umur 56 hari. Beton dengan *fly ash* 40% meningkat dari 23,5 MPa menjadi 24,2 MPa, beton dengan *fly ash* 50% dari 22,1 MPa menjadi 23,6 MPa, dan beton dengan *fly ash* 60% dari 17,5 MPa menjadi 20,0 MPa. Namun berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa semakin tinggi persentase fly ash yang digunakan dalam campuran beton, kuat tekan yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan. Dengan demikian, hasil penelitian ini membuktikan bahwa teori mengenai peningkatan kuat tekan beton seiring bertambahnya umur benar adanya, meskipun besaran peningkatan berbeda-beda tergantung pada komposisi campuran.
2. Penggunaan *fly ash* dalam persentase tinggi (40%, 50%, dan 60%) belum mampu mencapai kuat tekan rencana sebesar 33,20 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran yang digunakan belum optimal. Penurunan kuat tekan pada beton *fly ash* diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara



lain reaksi pozzolanik yang memerlukan waktu lebih lama untuk berkembang, kurangnya homogenitas campuran, kualitas *curing* yang kurang maksimal, serta mutu *fly ash* yang digunakan tergolong rendah atau jelek. Kualitas *fly ash* yang buruk berdampak pada rendahnya kontribusi material tersebut dalam membentuk kekuatan beton, sehingga pencapaian kuat tekan tidak maksimal pada umur pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Philip, A., Marthin, M., Sumajouw, D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 729–736.
- Tjokrodinuljo, K. 2021. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Aji, P. dan Purwono, R. 2010. *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*.
- SNI. (2000). SNI 03-2834-2000:.. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta. Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI-1969-2009)*. BSN. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI-03-1970-2008)*. BSN. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran, dan Kadar Udara Beton (SNI-1973-2008)*. BSN. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (2011). *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*. (SNI 03-1971-1991:2011)
- Badan Standardisasi Nasional (2011). *Cara Uji Kadar Lumpur Agregat* (SNI 03-1974-2011)
- Avri Priatma. 2012. “Pengaruh Kadar Fly Ash sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tarik Belah dan
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 1972:2008. Cara Uji Slump*. Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural Beton Kinerja Tinggi*, Yogyakarta: CV. Andi OFFSET.
- Beton Mutu Tinggi Berbahan Fly Ash sebagai Pengganti Sebagian Semen*. Jurnal dan kasar, 1–5.
- Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi (Sekolah Tinggi Teknik Bina *Modulus of Rupture pada High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete*”. Universitas Sebelas Maret
- Mohamad, R.M., Rachman, A. dan Mointi, Rahayu. 2020. *Kuat Tekan Beton Untuk Mutu Tinggi 45 Mpa Dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*. No. 4. Hal. 295-302
- Nugraha, Paul & Antoni, (2007), *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke pada Beton*. Jurnal Teknik Sipil (Universitas Muhammadiyah Palembang). Vol. 5.