

Daya Guna Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Penambahan Abu Sekam Padi (ASP) Dan Variasi Potongan Serat Polypropylene (PP)

Diky Wahyudi Putera

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Mughtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

dikywahyudi@gmail.com

Abstrak

Self Compacting Concrete (SCC) adalah beton inovatif yang tidak memerlukan getaran untuk penempatan dan pepadatan. Ia mampu mengalir di bawah bobotnya sendiri, benar-benar mengisi bekisting dan mencapai pepadatan penuh, bahkan dengan adanya tulangan yang padat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan dan pengaruh dari bahan tambah abu sekam padi (ASP) dan variasi serat polypropylene (PP) dengan FAS berbeda terhadap workability, karakteristik, serta kekuatan beton SCC pada umur 28 hari. Metode yang digunakan dalam pembuatan beton adalah EFNARC dan jurnal-jurnal. Dalam pembuatan beton SCC menggunakan 4 variasi campuran yaitu: V0%, V0,3%, V0,5%, dan V0,7% serta digunakan 2 faktor air semen (FAS) yaitu: 0,40 dan 0,45. Hasil pengujian karakteristik dan kuat tekan pada FAS 0,40 yang memenuhi syarat beton SCC adalah V0% dengan nilai slump flow 63,5 cm dan nilai kuat tekan sebesar 35 MPa. Sedangkan untuk FAS 0,45 yang memenuhi syarat beton SCC adalah V0% dengan nilai slump flow 69,875 cm dan kuat tekan 23 MPa. Hal ini terjadi karena sifat dari serat polypropylene dalam menyerap air cukup tinggi serta membuat adonan mengental dan kandungan silica dalam abu sekam padi (ASP) melebihi kebutuhan, jadi berpengaruh terhadap workability beton SCC sehingga pada saat proses pepadatan tidak sempurna.

Kata Kunci: *Self Compacting Concrete, FAS, Serat Polypropylene, ASP.*

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material paling serba guna yang digunakan dalam industri konstruksi. Pencapaian kekuatan desain dan ketahanan beton sangat tergantung pada pematatannya selama penempatan. Pematatan yang tidak memadai dapat menurunkan kinerja beton dalam keadaan segar dan mengeras (Ahmad dan Umar, 2017). Self Compacting Concrete (SCC) adalah beton inovatif yang tidak memerlukan getaran untuk penempatan dan pematatan. Ia mampu mengalir di bawah bobotnya sendiri, benar-benar mengisi bekisting dan mencapai pematatan penuh, bahkan dengan adanya tulangan yang padat.

Beton yang dikeraskan padat, homogen dan memiliki sifat teknik dan daya tahan yang sama seperti beton getar tradisional (EFNARC, 2005). Untuk mendapatkan beton mutu tinggi dengan memperhitungkan biaya terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan di antaranya perlu diperhatikan komponen penyusunnya. Ada beberapa cara untuk meningkatkan mutu beton yaitu dengan menambahkan bahan tambah mineral seperti pozzollan ke dalam campuran beton. Dikarenakan abu sekam padi banyak mengandung senyawa silica (SiO_2) sebesar 89,64% sehingga dapat digolongkan sebagai pozzollan (Akbar I., 2017).

Beton serat merupakan bahan yang terbuat dari beton biasa dan serat. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktail dari pada beton biasa. Beton serat mempunyai kelebihan dibanding beton tanpa serat dalam beberapa sifat strukturnya antara lain keuletan (ductility), ketahanan terhadap beban kejut (impact resistance), kuat tarik dan lentur (tensile and flexural strength), kelelahan (fatigue life), ketahanan terhadap pengaruh susut (shrinkage) dan ketahanan terhadap keausan (abrasion). Ada berbagai macam serat yang biasa digunakan dalam beton, yaitu serat alami dan sintesis. Salah satu serat sintesis yang mulai banyak digunakan dalam beton adalah serat polypropylene (Lisantono dkk., 2018).

Dalam penelitian ini yang akan diteliti adalah dampak bahan abu sekam padi (ASP) dan variasi potongan serat polypropylene (PP) terhadap kekuatan beton SCC dengan perbedaan faktor air semen (FAS). Penggunaan variasi potongan serat polypropylene (PP) tersebut didasari pada penelitian (Lussy dkk., 2020). Penelitian ini menggunakan serat polypropylene (PP) dengan variasi kadar 0,06% ; 0,08% ; 0,10% ; 0,16% ; 0,20% terhadap volume beton. Pengujian pada beton keras berupa uji kuat tekan dan kuat tarik pada umur 7, 14, 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan serat tidak meningkatkan kuat tekan beton. Sedangkan kuat tarik beton paling tinggi dihasilkan oleh beton dengan serat 0,08%.

Self Compacting Concrete Self Compacting Concrete (SCC) merupakan suatu campuran beton yang dapat mengisi ruang antar tulangan dan sudut bekisting tanpa memerlukan alat penggetar. Untuk memenuhi syarat workabilitas dari SCC, maka pembatasan penggunaan agregat, perbandingan rasio air dan binder, serta dosis superplasticizer juga harus diperhatikan (Okamura dan Ouchi, 2003). Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75% dari total volume beton. Sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50% dari total volume beton. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (Okamura dan Ouchi, 2003).

Material Penyusun Beton SCC Material penyusun yang digunakan pada self compacting concrete (SCC) sama dengan material yang digunakan pada beton

normal. Menurut (Setiawan A., 2016) secara umum material beton terbuat dari susunan semen, agregat, serta air sebagai pereaksi. Di samping itu terkadang ditambahkan material tambahan (admixture) untuk meningkatkan sifat-sifat beton.

Semen merupakan salah satu bahan pembuatan beton tergolong ke dalam jenis semen hidrolis. Jenis semen hidrolis yang banyak digunakan hingga saat ini adalah merupakan semen portland yang dipatenkan di Inggris pada tahun 1824 atas nama Joseph Aspdin. Semen Portland adalah material berbentuk bubuk berwarna abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika (Setiawan A., 2016).

Agregat halus merupakan bahan pengisi pada campuran beton yang berupa pasir, ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, dan partikel yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No. 200), atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (Mustakim, 2020).

Agregat Kasar Persyaratan diameter maksimum agregat kasar untuk beton SCC ialah 20 mm atau yang lolos saringan 3/8 Inch, hal ini dikarenakan sifat dari pada beton SCC yang mengandalkan berat sendirinya untuk memadatkan tanpa menggunakan vibrator (Mustakim, 2020).

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada dalam beton cair, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penguangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Antoni dan Paul Nugraha, 2007)

Superplasticizer adalah salah satu jenis water reducer-chemical admixture yang dapat mengurangi secara signifikan kebutuhan air pencampur dengan tetap mempertahankan workabilitas campuran. Workabilitas adalah sifat kemudahan beton segar untuk dikerjakan dan homogenitas campuran. Workabilitas SCC mencakup kriteria filling ability, passing ability, dan segregation resistance (Mariani dkk, 2012).

Abu sekam padi (ASP) memiliki sifat sebagai pengikat jika dicampur dengan air, di samping itu juga merupakan pengikat pasir. Pasir silika mempunyai sifat hydrophilic, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya. Abu sekam padi merupakan material bersifat sebagai pengisi yang mengandung unsur-unsur bermanfaat dalam meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton (Tata dan Sultan, 2016).

Serat polypropylene merupakan salah satu jenis serat yang tidak menyerap air dan tidak mengalami korosi. Penggunaan serat polypropylene tidak mempengaruhi jumlah air yang digunakan secara signifikan (Lussy dkk, 2020).

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur (Korua dkk, 2019). Menurut (Mulyono, 2004) kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menerima beban tiap satuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Pengujian nilai kuat tekan beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan (SNI-1974, 2011) perhitungan nilai kuat tekan beton dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

di mana:

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/mm² atau Mpa)

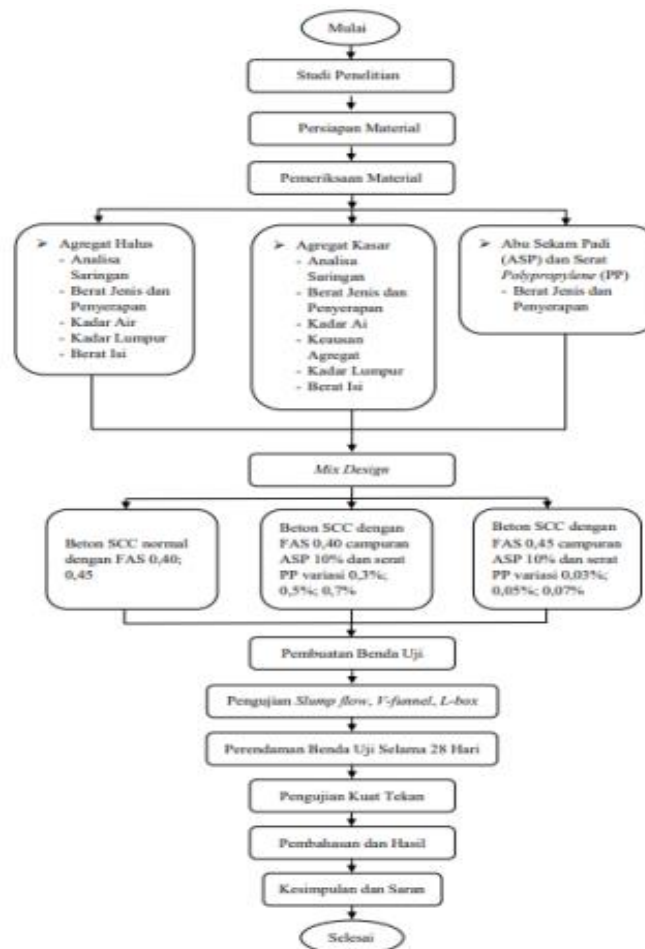
P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

2. METODE PENELITIAN

Metode dan data teknis yang didapatkan berasal dari SNI-03-2834-2000, PBI, EFNARC-2005, ASTM serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang digunakan.

Diagram alir penelitian adalah suatu proses pembuatan campuran beton yang memiliki beberapa tahapan untuk mendapatkan penelitian yang sesuai standar maksimal memiliki beberapa alur dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur Penelitian

3. HASIL

Perencanaan Campuran Beton

Setelah melakukan pengujian dasar, maka nilai-nilai dari Tabel 1 dibawah tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (Mix Design) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 35 Mpa.

Tabel 1 Data-data hasil tes dasar

NO	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,322gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,485gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,752 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,730 %
13.	Nilai <i>Slump Flow</i>	650-800 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	20 mm

Pemeriksaan Slump Flow

Tabel 2: Nilai slump flow beton SCC dengan FAS 0,40.

No	Variasi	<i>Slump Flow</i> (cm)
1	V0%	63.5
2	V0.3%	17
3	V0.5%	13
4	V0.7%	12

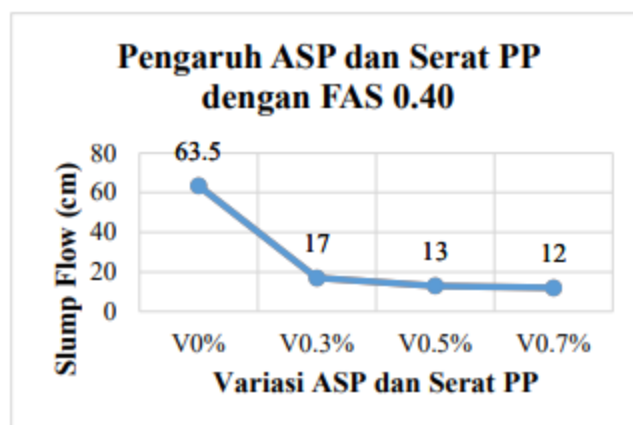
Keterangan:

V0% = 0% abu sekam padi (ASP) + 0% Serat polypropylene (PP)

V0,3% = 10% abu sekam padi (ASP) + 0,3% Serat polypropylene (PP)

V0,5% = 10% abu sekam padi (ASP) + 0,5% Serat polypropylene (PP)

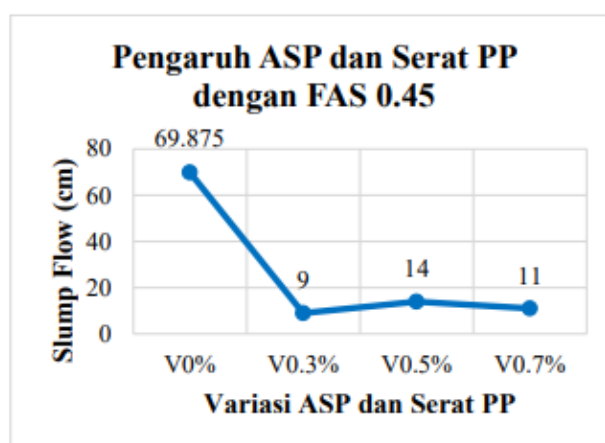
V0,7% = 10% abu sekam padi (ASP) + 0,7% Serat polypropylene (PP)



Gambar 2: Grafik slump flow beton SCC dengan FAS 0,40.

Tabel 3: Nilai slump flow beton SCC dengan FAS 0,45.

No	Variasi	Slump Flow (cm)
1	V0%	69.875
2	V0.3%	9
3	V0.5%	14
4	V0.7%	11



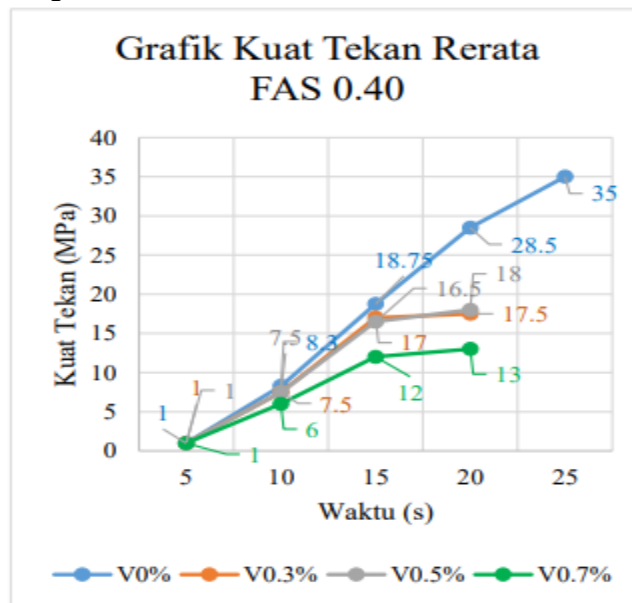
Gambar 3: Grafik slump flow beton SCC dengan FAS 0,45.

4. PEMBAHASAN

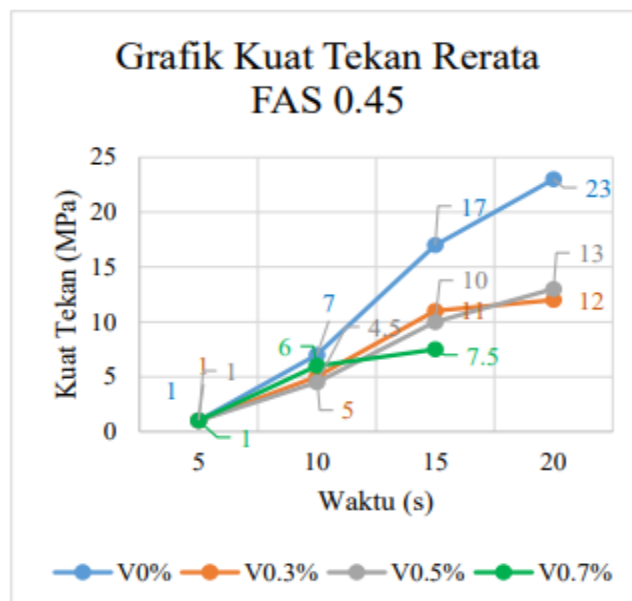
Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990 pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (compressive strength test) dengan kapasitas 150 ton. Benda uji yang dilakukan tes adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

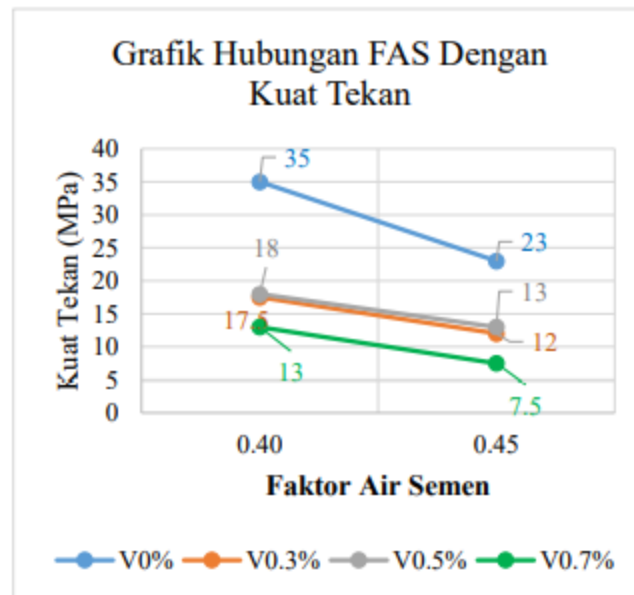
Pada pengujian kuat tekan beton SCC dengan FAS 0,40 nilai kuat tekan tekan tertinggi terdapat pada benda uji V0% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 35 MPa, dan kuat tekan terendah terdapat pada benda uji V0,7% yaitu dengan kuat tekan rata-rata sebesar 13 MPa. Sedangkan untuk FAS 0,45 hasil pengujian kuat tekan beton SCC dengan nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji V0% dengan kuat tekan sebesar 23 MPa, dan kuat tekan terendah terdapat pada benda uji V0,7% yaitu dengan kuat tekan rata-rata sebesar 7,5 MPa.



Gambar 4 : Grafik Kuat Tekan Rerata FAS 0,40.



Gambar 5: Grafik Kuat Tekan Rerata FAS 0,40.



Gambar 6: Grafik Hubungan FAS Dengan Kuat Tekan.

5. KESIMPULAN

Dengan selesainya proses penelitian dan pembahasan hasil penelitiannya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari penambahan ASP dan serat PP pada beton SCC memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa:
 - a. Diperoleh nilai slump flow maksimum yaitu pada V0% sebesar 69,875 cm dengan FAS 0,45 dan pada V0% dengan FAS 0,40 sebesar 63,5 cm. Sedangkan slump flow minimum adalah sebesar 9 cm pada V0,3% dengan FAS 0,45 dan 12 cm pada V0,7% dengan FAS 0,40. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya kadar variasi serat, maka adonan beton semakin kental dan itulah yang menyebabkan nilai slump flow setiap variasi semakin turun.
 - b. Karakteristik kuat tekan beton SCC dengan campuran ASP dan serat PP sebagai bahan tambah pada V0,3%; V0,5%; V0,7% di umur 28 hari mengalami penurunan 17 MPa – 22 MPa pada FAS 0,40 dari kuat tekan V0% (35 MPa). Sedangkan untuk penggunaan FAS 0,45 mengalami penurunan sebesar 10 MPa – 15,5 MPa dari kuat tekan V0% (23 MPa). Penambahan serat PP dan ASP sangat berpengaruh pada penuruann kuat tekan beton SCC. Dikarenakan sifat dari serat PP dalam menyerap air cukup tinggi serta membuat adonan mengental dan kandungan silica dalam ASP melebihi kebutuhan, jadi berpengaruh terhadap workability beton SCC sehingga pada saat proses pemadatan tidak sempurna.
2. Hasil penelitian dari penambahan ASP dan serat PP pada beton SCC memberikan pengaruh terhadap kuat tekan yaitu:
 - a. Nilai kuat tekan maksimum untuk FAS 0,40 umur 28 hari terdapat pada V0% sebesar 35 MPa. Sedangkan kuat tekan minimum terdapat pada V0,7% sebesar 13 MPa.

- b. Nilai kuat tekan maksimum untuk FAS 0,45 umur 28 hari terdapat pada V0% sebesar 23 MPa. Sedangkan kuat tekan minimum terdapat pada V0,7% sebesar 7,5 MPa.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan ASP dan serat PP yang paling optimum untuk dilakukan pengujian kuat tekan terdapat pada V0,5% (ASP 10% + 0,5% serat PP) dengan FAS 0,40 dan FAS 0,45.

REFERENSI

- Ahmad, S., & Umar, A. (2017). Characterization of Self-Compacting Concrete. *Procedia Engineering*, 173, 814–821.
- Akbar, I. M. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1/REKAT/18).
- Efrida, R. (2010). Analisis Struktur dengan Metode Kekakuan yang Dimodifikasi Untuk Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak Pada Stadium Retak (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana).
- Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC buildings. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*.
- Faisal, A. (2019). Studi parametrik kinerja dinding pengisi bata merah pada struktur beton bertulang akibat beban gempa. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 9(2).
- Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC buildings. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandar SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. *Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Hadipramana, J., Riza, F. V., Rahman, I. A., Loon, L. Y., Adnan, S. H., & Zaidi, A. M. A. (2016, November). Pozzolanic characterization of waste Rice husk ash (RHA) from Muar, Malaysia. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 160, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ahmad Mujahid, A. Z., Mohammad, N., & Riza, F. V. (2013). Effect of uncontrolled burning rice husk ash in foamed concrete. In *Advanced Materials Research* (Vol. 626, pp. 769-775). Trans Tech Publications Ltd.
- Hadipramana, J., Mokhatar, S. N., Samad, A. A. A., & Hakim, N. F. A. (2016, November). An exploratory compressive strength of concrete containing modified artificial Polyethylene aggregate (MAPEA). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 160, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Zaidi, A. M. A., Mohammad, N., & Ali, N. (2013). Contribution of polypropylene fibre in improving strength of foamed concrete. In *Advanced Materials Research* (Vol. 626, pp. 762-768). Trans Tech Publications Ltd
- Harahap, M., Siregar, G., & Riza, F. V. (2021). Mapping The Potential Of Village Agricultural Social Economic Improvement Efforts In Lubuk Kertang Village

- Kecamatan Berandan Barat Kabupaten Langkat. *JASc (Journal of Agribusiness Sciences)*, 4(1), 8-14.
- Husen, H., Majid, T. A., Nazri, F. M., Arshad, M. R., & Faisal, A. (2008, June). Development of design response spectra based on various attenuation relationships at specific location. In *International Conference on Construction and Building Technology (ICCBT08)* (Vol. 138).
- Jamaludin, S. B., Hadipramana, J., Wahid, M. F. M., Hussin, K., & Rahmat, A. (2013). Microstructure and interface analysis of glass particulate reinforced aluminum matrix composite. In *Advanced Materials Research* (Vol. 795, pp. 578-581). Trans Tech Publications Ltd.
- Majid, T. A., Wan, H. W., Zaini, S. S., Faisal, A., & Wong, Z. M. (2010). The effect of ground motion on non-linear performance of asymmetrical reinforced concrete frames. *Disaster Advances*, 3(4), 35-39.
- Mokhatar, S. N., Mustafa, M. M., Rouwab, S. S., & Hadipramana, J. (2017). Performance of Reinforced Concrete Beam with Differently Positioned Replacement Zones of Block Infill under Low Impact Loads. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 02003). EDP Sciences.
- Mokhatar, S. N., Hadipramana, J., Isa, S. N. M., & Mustafa, M. M. (2016). The potential of artificial polyethylene coarse aggregate (APECA) on compressive strength of concrete after exposed by temperatures. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 01005). EDP Sciences.
- Mohamad, N., Zulaika, M. S., Samad, A. A. A., Goh, W. I., Hadipramana, J., & Wirdawati, A. (2016). Fresh State and Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Incorporating High Volume Fly Ash. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 01001). EDP Sciences.
- Pane, Y. Desi Sri Pasca Sari Sembiring, Suhelmi Suhelmi (2021), Pemanfaatan Limbah Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dalam Perancangan Mutu Beton Normal, *AFoSJ-LAS: Journal All Field of Science J-LAS*, 1 (2), 7-13.
- Pane, Y., Sembiring, D. S. P. S., & Suhelmi, S. (2021). PEMANFAATAN LIMBAH STEEL SLAG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DALAM PERANCANGAN MUTU BETON NORMAL. *AFoSJ-LAS (All Fields of Science J-LAS)*, 1(1), 07-13.
- Pramana, J. H., Samad, A. A., Zaidi, A. M. A., & Riza, F. V. (2010). Preliminary study on lightweight concrete under ballistic loading. *European Journal of Scientific Research*, 44(2), 285-299.
- Putera, T. A., & Pratama, A. D. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN TEBAL PADA BASE PLATE DENGAN DAN TANPA PENGAKU (STIFFNERS) TERHADAP MOMEN-ROTASI. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Mohamad, N., Ali, A. Z. M., Ali, N., Inn, G. W., & Tee, K. F. (2018). Development of green concrete from agricultural and construction waste. In *Transition Towards 100% Renewable Energy* (pp. 399-410). Springer, Cham.
- Taib, A., Zahid, M. Z. A. M., Faisal, A., & Wan Ahmad, S. (2014). Axial load variations of irregular RC frames with setback under vertical earthquakes. *Journal of Civil Engineering Research*, 4(3A), 138-144.
- Tarigan, A. P. M., & Nurzanah, W. (2016). The Shoreline Retreat and Spatial Analysis over the Coastal Water of Belawan. *INSIST*, 1(1), 65-69.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PETELITIAIN PENELITIAN TERAPAIN (PT) Tahun Anggaran 2018. *KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN*.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK PENELITIAN RISET TERAPAN/MATERIAL MAJU (PPT) TAHUN ANGGARAN 2017. *KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN*.