

Studi Kuat Tarik Beton Terhadap Penambahan Serbuk Styrofoam Dan Superplasticizer

Rizki Arami

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

rizkiarami@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang umum digunakan dan mengalami banyak perkembangan hingga saat ini. Beton sudah sangat umum digunakan untuk pembangunan struktur karena selain harganya yang relatif murah, beton memiliki ketahanan yang tinggi dan juga usia layan yang panjang. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Dalam pembuatan beton salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah Styrofoam. Beton yang dibuat dengan penambahan Styrofoam dapat disebut beton Styrofoam (Styrofoam concrete) yang disingkat Styrocon. Dengan digunakannya Styrofoam diharapkan dapat mengurangi berat beton. Pada penelitian ini menggunakan butir Styrofoam yang memiliki ukuran butiran sebesar 3mm-5mm, dan penggunaan sika viscocrete 3115N 0.8% dari volume semen pada campuran beton butir Styrofoam. Persentase penggunaan butir Styrofoam pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 5%, 6%, dan 7% dari volume agregat kasar. Penetapan persentase butir Styrofoam yang bervariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekanik beton (kuat tarik) terbaik dalam campuran beton. Sampel pengujian berupa silinder 15cm x 30cm sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tarik beton dilakukan perendaman selama 28 hari. Nilai kuat tarik berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 4,60 Mpa; Variasi I (5%) = 3,54 Mpa; Variasi II (6%) = 3,04 Mpa; Variasi III (7%) = 3,11 Mpa.

Kata Kunci: Styrofoam, Kuat Tarik, Sika Viscocrete 3115N.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang umum digunakan dan mengalami banyak perkembangan hingga saat ini. Beton sudah sangat umum digunakan untuk pembangunan struktur karena selain harganya yang relatif murah, beton memiliki ketahanan yang tinggi dan juga usia layan yang panjang. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Dalam pembuatan beton salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah Styrofoam. Beton yang dibuat dengan penambahan Styrofoam dapat disebut beton Styrofoam (Styrofoam concrete) yang disingkat Styrocon. Dengan digunakannya Styrofoam diharapkan dapat mengurangi berat beton.

Styrofoam atau expanded polystyrene dikenal sebagai gabus putih biasa yang digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik. Polystyrene ini dihasilkan dari styrene yang mempunyai gugus phenyl (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzene mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya polyester yang mempunyai bentuk tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik.

Polystyrene merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu di bawah 100°C. Polystyrene ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat Tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai 0,99 GN/m^2 , angka poisson 0,33 (Dharma Giri, Sudarsana, & Agustiningih, 2008). Secara umum kandungan udara mempengaruhi kekuatan beton. Kekuatan beton berkurang 5,5% dari kuat desak setiap pemasukan udara 1% dari volume campuran. Beton dengan pengisi udara mempunyai kekuatan 10% lebih kecil dari pada beton tanpa pemasukan udara pada kadar semen dan workabilitas yang sama. Pada beton dengan kekuatan menengah dan tinggi, tiap 1% peningkatan kandungan udara akan mengurangi kekuatan tekan beton sekitar 5% tanpa perubahan air semen ("Pengaruh Penambahan Superplastisizer Terhadap Campuran Beton Ringan Yang Menggunakan Styrofoam," 2011).

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh styrofoam sebagai pengganti agregat kasar dalam beton. Selain itu untuk mengetahui penambahan Styrofoam pada beton dapat mengurangi berat beton secara signifikan dan untuk mengetahui penambahan Superplasticizer pada campuran beton dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik pada beton.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Diawali dengan menetapkan komposisi campuran, penyiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan penelitian tersebut di atas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan beton yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium. Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif. Semua material (semen, agregat) berasal dari tempat yang berbeda, diteliti untuk ditetapkan sebagai bahan pembentuk beton.

Semua bahan ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengalami perubahan fisik dan kimia serta bebas dari benda asing. Untuk menjaga

kelembaban supaya tetap, material dimasukkan ke dalam kantong plastik. Semen yang digunakan adalah semen portland pozzolan tipe-1. Air yang digunakan dalam proses mencampur beton adalah air PDAM dari Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Agregat kasar adalah batu pecah yang berasal dari Binjai. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Binjai. Bahan tambah serbuk kayu berasal dari tempat pembuatan furniture.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisa saringan, kadar air, berat jenis dan berat isi yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari mix design untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (filler) yang telah dikeringkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji.

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal, beton dengan filler styrofoam 5%, beton dengan filler styrofoam 6%, dan beton dengan filler styrofoam 7%. Langkah selanjutnya yaitu membuat adonan beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian slump, kemudian memasukkan adonan beton kedalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji dibiarkan dan dilepaskan dari cetakan setelah ± 24 jam.

Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Setelah mencapai umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari, benda uji diangkat dari tempat perendaman kemudian dilakukan tes kuat tarik beton. Dari pengujian kuat tarik yang dilakukan, kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.

3. HASIL

Hasil dan analisa agregat halus Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

Berat jenis dan penyerapan agregat halus Dari hasil uji berat jenis didapat:

Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

FINE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2	AVE
Berat SSD (B)	gr	500	500	500
Berat SSD kering oven (E)	gr	483	491	487
Berat Pic + air (D)	gr	692	681	686,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	994	989	991,5
$BJ\ Bulk = (E / (B + D - C))$		2,44	2,56	2,50
$BJ\ SSD = (B / (B + D - C))$		2,53	2,60	2,56
$BJ\ Semu = (E / (E + D - C))$		2,67	2,68	2,68
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	3,52	1,83	2,68

Analisa gradasi agregat halus

Dari pengujian analisa gradasi maka di dapat hasil:

Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan spesifikasi Zona 2

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Zone 2
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
4.75	65	70	135	6,77	6,77	93,23	90-100
2.36	82	80	162	8,12	14,89	85,11	75-100
1.18	137	184	321	16,09	30,98	69,02	55-90
0.60	169	136	305	15,29	46,27	53,73	35-70
0.30	464	436	900	45,11	91,38	8,62	8-30
0.15	11	14	25	1,25	92,63	7,37	0-10
Pan	69	78	147	7,37	100,00	0	0-5
Total	997	998	1995	100			

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 2,83%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 - 3,8% (Menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F). Agregat tersebut berada di Zona 2.

Kadar lumpur agregat halus

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata.

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

FINE AGGREGATE	Satuan	sample 1	sample 2	AVE
Berat SSD	gr	500	500	500
Berat SSD setelah dicuci	gr	481	487	484
Berat kotoran	gr	19	13	16
Persentase kotoran	%	3,95	2,67	3,31

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,31%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan

Berat isi agregat halus

Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

FINE AGGREGATE	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	AVE
Berat contoh	gr	16840	18900	18965	18235
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	22167	24227	24292	23562
Volume wadah	cm ³	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm ³	1,538	1,726	1,732	1,666

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,666 gr/cm³ , nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980)

Kadar air agregat halus

Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar air agregat halus

FINE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	950	951
Berat contoh SSD	gr	500	500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	936	938
Berat wadah	gr	450	451
Berat air	gr	14	13
Berat contoh kering	gr	486	487
Kadar air	%	2,88	2,67
Rata-rata		2,78	

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 2,76% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 2,68% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (2,76% - 2,68%) = 0,08% dari berat agregat halus.

Pemeriksaan agregat kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

COARSE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2	AVE
Berat SSD (A)	gr	2800	2700	2750
Berat SSD kering oven (C)	gr	2795	2687	2741
Berat SSD di dalam air (B)	gr	1591	1625	1608
BJ Bulk = (C / (A - B))		2,31	2,50	2,41
BJ SSD = (A / (A - B))		2,32	2,51	2,41
BJ Semu = (C / (C - B))		2,32	2,53	2,43
Absorption = ([(A - C) / C] x 100%)	%	0,18	0,48	0,33

Analisa gradasi agregat kasar

Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan pesifikasi ukuran maksimal 40 mm.

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Grade. 40 mm
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
38,1	54	65	119	2,38	2,38	97,62	95-100
19,0	739	738	1477	29,54	31,92	68,08	35-70
9,52	1365	1289	2654	53,08	85,00	15,00	10-40
4,75	342	408	750	15,00	100,00	0,00	0-5
Total	2500	2500	5000	100			

$$\begin{aligned}
 FM &= \Sigma \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm} / 100 \\
 &= 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 85 + 31,92 + 2,38 / 100 \\
 &= 719,30 / 100 = 7,19
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 7,19%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

Kadar lumpur agregat kasar

Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

COURSE AGGREGATE	Satuan	sample 1	sample 2	AVE
Berat SSD	gr	2500	2500	2500
Berat SSD setelah dicuci	gr	2477	2479	2478
Berat kotoran	gr	23	21	22
Persentase kotoran	%	0,93	0,84	0,89

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,69%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

Berat isi agregat kasar Tabel

4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

COURSE AGGREGATE	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	AVE
Berat contoh	gr	18530	19825	19680	19345
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	23857	25152	25007	24672
Volume wadah	cm ³	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm ³	1,693	1,811	1,798	1,767

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah 1,767 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

Kadar air agregat kasar

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

COURSE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1492	1495
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1482	1486
Berat wadah	gr	492	495
Berat air	gr	10	9
Berat contoh kering	gr	990	991
Kadar air	%	1,01	0,91
Rata-rata			0,96

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 0,96% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 0,33% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (0,96% - 0,33%) = 0,63% dari berat agregat kasar.

4. PEMBAHASAN

Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,56 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,68%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat

dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,68% dari berat kering agregat sendiri.

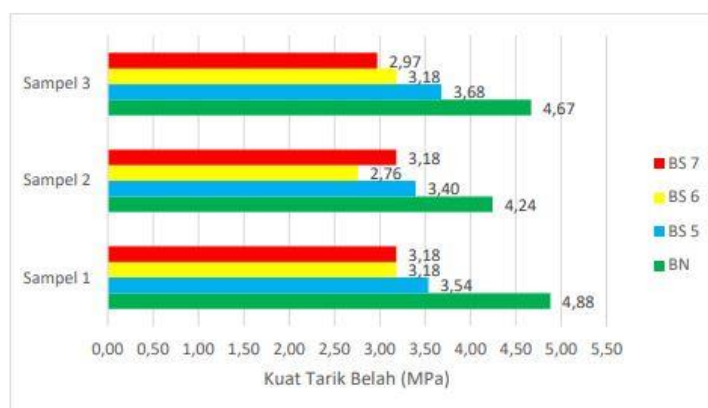
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,41 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,33%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,33% dari berat kering agregat sendiri.

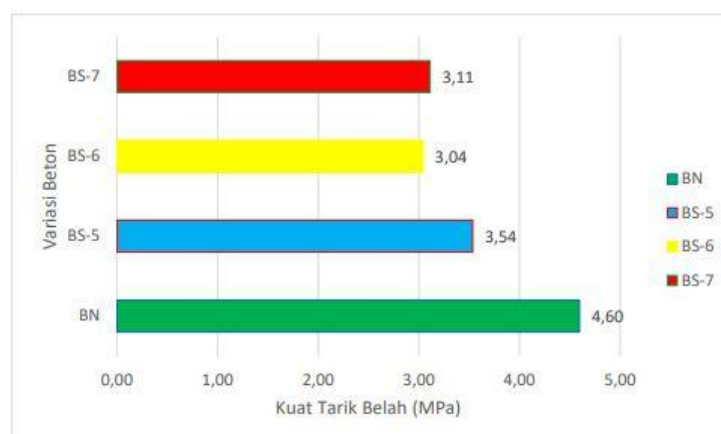
Hasil dan analisa pengujian beton keras

Tabel 4.15: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Variasi Beton	Luas (πLD) (mm ²)	Beban (T)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Tarik Belah Rata-Rata
		1	2	3	1	2	3	
BN	141371,669	34,5	30	33	4,88	4,24	4,67	4,60
BS-5	141371,669	25	24	26	3,54	3,40	3,68	3,54
BS-6	141371,669	22,5	19,5	22,5	3,18	2,76	3,18	3,04
BS-7	141371,669	22,5	22,5	21	3,18	3,18	2,97	3,11



Gambar 4.4 Grafik nilai kuat tarik semua variasi.



Gambar 4.5: Grafik nilai kuat tarik belah rata-rata.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton normal mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi

yakni sebesar 4,60 Mpa. Sedangkan beton dengan variasi BS-5 mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,54 Mpa, maka beton BS-5 memperoleh penurunan dengan selisih 1,06 Mpa, dan beton dengan variasi BS-6 memperoleh penurunan dengan selisih 1,56 Mpa, tetapi pada saat beton dengan variasi BS-7 kuat tarik meningkat 0,07 Mpa terhadap kuat tarik dengan variasi BS-6.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Pengaruh styrofoam sebagai substitusi agregat kasar dengan bahan tambah zat kimia superplasticizer viscocrete 0,8% mengalami penurunan dengan selisih sebesar 1,06 MPa terdapat pada variasi Styrofoam 5% yaitu dengan nilai kuat tarik sebesar 3,54 MPa, dimana beton normal memiliki nilai kuat tarik sebesar 4,60 MPa.

Dengan penambahan Styrofoam pengurangan terbesar berat beton sebesar 8,2 % yang didapat dari variasi campuran styrofoam 7% terhadap agregat kasar. 3. Penambahan styrofoam pada pengujian kuat tarik mengakibatkan penurunan kekuatan yang tidak linier, penambahan 5%, 6%, 7% styrofoam akan menurunkan kuat tarik dengan selisih 1,06 MPa ; 1,56 MPa ; 1,49 MPa terhadap beton tanpa penambahan styrofoam.

REFERENSI

- Ambak, K., Hadipramana, J., Abas, N. A., Mohkatar, S. N., & Jani, Z. (2018). Investigation on Potential of Recycle Plastic Bottles as a Crash Cushion for Road Barrier. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(4).
- Asih, A. Welas. (2018). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Beton Mutu Tinggi.
- Dharma Giri, I., Sudarsana, I., & Agustiniingsih, N. (2008). Kuat Tarik Belah Dan Lentur Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(2), 96–104.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart 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.
- 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., Samad, A. A. A., Mokhatar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Karwur, H. Y., R. Tenda, S. E., Wallah, & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.4, Issn : 2337-6732.
- 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.
- 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.

- Mulyati, S., Dahlan, D., & Adril, E. (2012). Pengaruh Porsen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu Dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisisnya. *Jurnal Ilmu Fisika (Jif)*, 4(1), 31–39.
- Nurzal, & Mahmud, J. (2013). Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Daya Serap Air Pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 41–48.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Pengaruh Penambahan Superplastisizer Terhadap Campuran Beton Ringan Yang Menggunakan Styrofoam. (2011). *Inersia - Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*. <https://doi.org/10.21831/Inersia.V7i2.3684>
- 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.
- Pratama, A. R. A. (2014). Pengaruh Sambungan Cor Beton Terhadap Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penmbahan Zat Aditif (Bond Crete) Ditinjau Dari Umur Sambungan. 3, 173–179.
- Purnawiraty, G. A. N., K. Salain, M. A., & Putra, D. (2016). Properti Mekanik Beton Ringan Dengan Menggunakan Agregat Batu Apung Serta Abu Terbang Sebagai Pengganti Sebagian Semen Portland Dan Superplasticizer. 4(2), 27– 35.
- 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).
- Saifuddin, M. I., Edison, B., & Fahmi, K. (2013). Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. (1).
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Ahmad Mujahid, A. Z., & Mohamad, N. (2014). Investigation on energy absorption of slab foamed concrete reinforced by polypropylene fibre subjected to impact loading. In *Advanced Materials Research* (Vol. 831, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- SNI 4431. (2011). Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. In Standar Nasional Indonesia.
- Sri¹, F., Zulkarnain¹, F., & Asfiati¹, S. (2020). *The Comparison of Brick as a Load and a Structure with Non-Linear Analysis of Soft Storey Behaviour in Multi-storey Buildings* (No. 4387). EasyChair.
- Zulkarnain, F. (2021, August). Pengembangan dan Analisis Campuran Beton Mutu Tinggi untuk Struktur Dermaga di Indonesia. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora* (Vol. 1, No. 1, pp. 54-58).
- Zulkarnain, F., Suleiman, M. Z., & Fadila, R. (2016). The Potential Usgae Paper Fiber Reinforced Foam Concrete (Pfrfc) Wall Paneling System As An Idea Building Material. *Kumpul. J. Dosen Univ. Muhammadiyah Sumat. Utara*, 4, 139-148.