

Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Dengan Bahan Tambahan Superplasticizer (Studi Penelitian)

MUHAMMAD REJA PALEPY¹

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

rejapalepy@gmail.com

ABSTRAK

Dalam bidang konstruksi, beton merupakan salah satu elemen yang paling mendapat perhatian dan umum digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur di kalangan masyarakat. Berdasarkan buku statistik komoditas kelapa sawit terbitan Ditjen Perkebunan, tahun 2014 luas areal kelapa sawit mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO. Salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah yang cukup besar adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang yang di hasilkan mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27%), hemiselulosa (12,61%), dan ligin (42,96%). Sebelum menjadi campuran beton cangkang kelapa sawit mengalami proses penggilingan dan pembakaran pada suhu 700 – 800°C. Abu cangkang kelapa sawit di sini digunakan sebagai variasi dari agregat halus untuk campuran beton. Superplasticizer atau high range water reducer admixtures sangat meningkatkan kelecakan campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai kuat tarik belah beton dari penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi pasir dan sika viscocrete 3115N. Dengan variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat pasir dan sika viscocrete 3115N sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm³ sebanyak 12 benda uji. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami kenaikan pada variasi 10% dengan nilai (4,74 MPa) dari beton normal dengan nilai (4,60MPa) dan mengalami penurunan pada variasi 20% (3,96 MPa) dan variasi 30% (3,54MPa). Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10%.

Kata Kunci: *Abu cangkang kelapa sawit, kuat tarik belah, sika viscocrete 3115n.*

EFFECT OF ADDING PALM OIL SHELL ASH WASTE ON TENSILE STRENGTH IN CONCRETE WITH SUPERPLASTICIZER ADDITIONAL MATERIALS (Research Studies)

ABSTRACT

In the field of construction, concrete is one of the elements that gets the most attention and is commonly used to build various infrastructures in the community. Based on the oil palm commodity statistics book published by the Directorate General of Plantations, in 2014 the area of oil palm reached 10.9 million hectares with a production of 29.3 million tons of CPO. One of the palm oil processing wastes in large enough quantities is palm oil shells. The shells produced reach 60% of the oil production. Oil palm shells have a composition of cellulose (26.27%), hemicellulose (12.61%), and lignin (42.96%). Before it becomes a mixture of palm shell concrete, it undergoes a grinding and burning process at a temperature of 700 – 800°C. Palm shell ash is here used as a variation of fine aggregate for concrete mixes. Superplasticizers or high range water reducer admixtures greatly improve the workability of the mixture. This study aims to study the value of the split tensile strength of concrete from the addition of oil palm shell ash as a substitute for sand and viscocrete sika 3115N. With variations in the addition of oil palm shell ash 0%, 10%, 20% and 30% by weight of sand and sika viscocrete 3115N by 0.8% by weight of cement. The concrete test sample used was a cylinder with a size of 15 x 30 cm³ as many as 12 test objects. The split tensile strength test of concrete was carried out at the age of 28 days. The tensile strength value obtained increased at 10% variation with a value (4.74 MPa) from normal concrete with a value (4.60 MPa) and decreased at 20% variation (3.96 MPa) and 30% variation (3.54 MPa).). The optimum tensile strength value occurs in the variation of oil palm shell ash 10%.

Keywords: Oil Palm Shell Ash, Split Tensile Strength, sika viscocrete 3115N.

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi sekarang, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Dalam pelaksanaannya, perkembangan bahan bangunan beton diperlukan suatu inovasi baru agar pembangunan dapat dilaksanakan dengan baik dan cepat

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang murah, mempunyai kekuatan yang 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. Secara umum bahan pengisi (filler) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (workability) dan mempunyai keawetan (durability) serta kekuatan (strength) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan yang mudah untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Selain itu dapat menggunakan limbah industri yang sudah tidak terpakai dan dapat

diolah kembali menjadi bahan tambah pada campuran beton. Untuk mencapai kualitas beton yang baik, beton segar harus mengisi ruang dengan cepat agar tidak ada udara didalamnya, jika beton memiliki rongga pada permukaannya maka beton tersebut akan mengalami penurunan mutu..

Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik adalah abu cangkang kelapa sawit. Limbah abu cangkang kelapa sawit memiliki unsur kimia SiO_2 sebanyak 29,9%, Al_2O_3 , sebanyak 1,9% dan CaO 26,9%. Dengan kandungan senyawa tersebut maka abu cangkang kelapa sawit dapat dikatakan memiliki sifat pozzolan memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton normal. Dalam penelitian ini akan mengkaji tentang pemanfaatan abu kerak boiler hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi pada campuran beton normal. Jika digunakan untuk bahan pengganti semen, suatu material haruslah mengandung senyawa kapur dalam jumlah yang relatif besar sebab semen memiliki fungsi sebagai pengikat dikarenakan kandungan kapurnya. Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan abu kerak boiler cangkang kelapa sawit sebagai pengganti sebagian semen menunjukkan nilai kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu kerak boiler cangkang yang digunakan dan penurunan terbesar kuat tekan beton terjadi pada beton yang menggunakan 20% abu cangkang kelapa sawit yaitu sebesar 21,78 MPa atau 40% dari kuat tekan beton normal.

Tanaman kelapa sawit saat ini tersebar hampir diseluruh provinsi di

Indonesia. Berdasarkan buku statistik komoditas kelapa sawit terbitan Ditjen Perkebunan, tahun 2014 luas areal kelapa sawit mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO. Perkebunan kelapa sawit Indonesia menjadi primadona dan mampu mencapai perkembangan seperti sekarang ini, sehingga Indonesia menjadi negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia. (Opirina dkk., 2016)

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah Superplasticizer jenis Sika Viscocrete – 3115 N, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (workability) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton. Hal ini karena Superplasticizer (Sika Viscocrete – 3115 N) adalah bahan campuran untuk beton yang berfungsi ganda yang apabila dicampurkan dengan dosis tertentu dapat mengurangi jumlah pemakaian air dan mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan workability dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus atau pasir, agregat kasar atau kerikil, atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau

semen hidrolik yang lain, kadang – kadang dengan bahan tambahan atau Additive yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga – rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat sehingga terbentuklah suatu kesatuan yang padat dan tahan lama (Idf dan Das., 2014).

Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu kerak boiler ini adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 700 – 800 °C pada dapur tungku boiler. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomas dengan kandungan silika (SiO₂) yang potensial dimanfaatkan. Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih – keabuan akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi dengan kandungan silika 61%. Tingginya kandungan silika ini membuat abu kerak boiler ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan *Pozzolan* dalam campuran beton (Muhammad Reza dkk ., 2005).

Salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah

yang cukup besar adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang yang di hasilkan mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27%), hemiselulosa (12,61%), dan ligin (42,96%). Penggunaan cangkang kelapa sawit untuk campuran beton normal di dapatkan kuat tekan sebesar 32,85 MPa pada umur 28 hari, selain itu terjadinya penurunan kuat tekan beton, selain itu cangkang kelapa sawit ini merupakan bahan agregat alami yang ramah lingkungan untuk campuran beton dan telah memenuhi 2 dari 6 prinsip teknologi ramah lingkungan yaitu reuse atau menggunakan kembali bahan yang tidak terpakai/limbah serta diolah dengan cara berbeda dan recovery atau pemakaian material dari limbah untuk diolah demi kepentingan lain (Vitri dan Herman, 2019).

Tabel 2.1: Persentase Kandungan Kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit

| No | Kandungan | Nilai |
|----|--------------------------------|--------|
| 1 | SiO ₂ | 89,91% |
| 2 | CaCO ₃ | 2,47% |
| 3 | MgCO ₃ | 0,73% |
| 4 | Fe ₂ O ₃ | 0,19% |
| 5 | Al ₂ O ₃ | 0,001% |

Sumber: Hengky Christian Gunawan 1) Chrisna D, Mungok2).

Sika Viscocrete 3115N

Sika Viscocrete-3115 N adalah generasi terbaru dari superplasticizer untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi dengan sifat daya alir yang tahan lama. Sika Viscocrete-3115 N

memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Sika Viscocrete-3115 N digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

1. Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi.
2. Beton yang memadat dengan sendirinya (Self Compaction Concrete/ SCC).
3. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30 %).
4. Beton mutu tinggi.
5. Beton kedap air.
6. Beton pracetak

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan- keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi diatas.

Keuntungan Sika Viscocrete-3115 N bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efekefek separasi sterikal. Sika Viscocrete-3115 N tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat atau bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pratekan.

Sika Viscocrete-3115 N memberikan beton dengan kelecekan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel selfcompacting dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30o C. Pencampuran Sika Viscocrete3115 N ditambahkan ke air yang sudah

ditakar atau ditambahkan ke dalam mixer atau pengaduk. Untuk memperoleh manfaat optimal dari pengurangan air dalam jumlah besar, disarankan pengadukan dalam kondisi basah minimal 60 detik. Penambahan air takaran yang tersisa atau untuk memperoleh konsistensi beton yang baik hanya dapat dimulai setelah 2/3 waktu pengadukan dalam kondisi basah, untuk menghindari jumlah air yang berlebihan dalam beton (Sitorus, 2018).

Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji (Regar, Sumajouw, & Dapas, 2014).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kirakira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadangkadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Rahamudin, Manalip, & Mondoringin, 2016).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

berdasarkan (SNI 2491:2014, 2014), adalah:

Dimana:

Ct = Kekuatan Tarik Belah (MPa)

P = Beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)
D = Diameter benda uji silinder (mm)
= Phi (22/7)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji

| NO | KODE BENDA UJI | AGREGAT HALUS | ABU CANGKANG KELAPA SAWIT | SUPERPLASTICIZER VISCOCRET E - 3115N | JUMLAH SAMPEL |
|--------|----------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1 | BN | 100% | 0% | 0% | 3 |
| 2 | BAC 10 | 90% | 10% | 0,8% | 3 |
| 3 | BAC 20 | 80% | 20% | 0,8% | 3 |
| 4 | BAC 30 | 70% | 30% | 0,8% | 3 |
| Jumlah | | | | | 12 |

Keterangan:

BN = Beton dengan campuran 0% abu cangkang kelapa sawit dari berat agregat halus dan campuran 0% superplasticizer dari berat semen.

BAC 10 = Beton dengan campuran 10% abu cangkang kelapa sawit dari berat agregat halus dan campuran 0,8% superplasticizer dari berat semen.

BAC 20 = Beton dengan campuran 20% abu cangkang kelapa sawit dari berat agregat halus dan campuran 0,8% superplasticizer dari berat semen.

BAC 30 = Beton dengan campuran 30% abu cangkang kelapa sawit dari berat agregat halus dan campuran 0,8% superplasticizer dari berat semen.

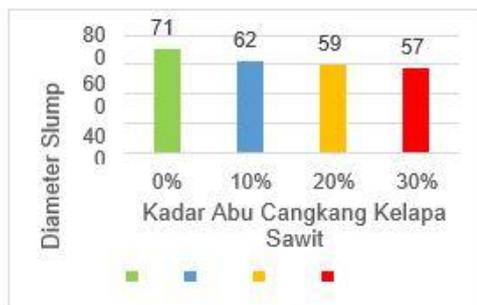
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan menggunakan metode ASTM C 1611, sehingga didapat hasil pengujian slump sebagai berikut.

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Slump

| Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit | Diameter Maksimal | | | Syarat D Min | Waktu | |
|---------------------------------|-------------------|-----|----------|--------------|-------|-------|
| | d1 | d2 | d Rerata | | t 50 | t Max |
| | mm | mm | mm | | det | det |
| 0% | 720 | 700 | 710 | 500 | 2.2 | 7.6 |
| 10% | 610 | 630 | 620 | 500 | 3.5 | 10.7 |
| 20% | 600 | 590 | 595 | 500 | 4.1 | 12.1 |
| 30% | 580 | 570 | 575 | 500 | 4.7 | 14.3 |



Berdasarkan Gambar 4.3 hasil pengujian yang diperoleh tentang nilai slump rata-rata menunjukkan penurunan seiring penambahan abu Cangkang Kelapa Sawit. Penurunan *workability* dari adukan beton diakibatkan karena abu cukup banyak menyerap air.

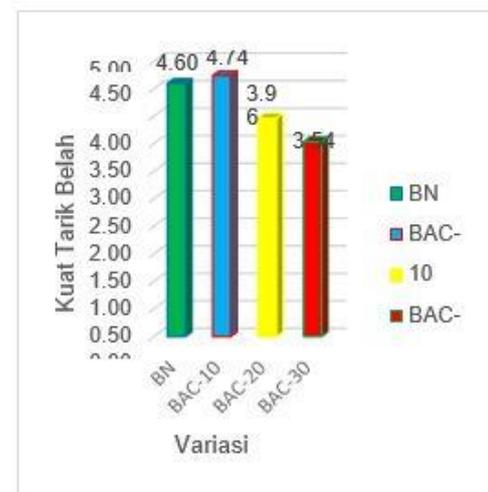
Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

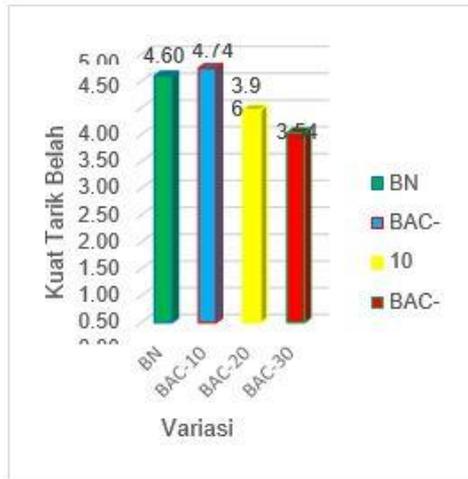
Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini

dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 032491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah beton. Beban yang mampu diterima oleh benda uji berdasarkan Persamaan 2.1 diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Tabel 4.2: 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 | |
| BAC 0 | 14137.669 | 345 | 30 | 33 | 4.88 | 4.24 | 4.67 | 4.60 |
| BAC 10 | 14137.669 | 36 | 33 | 31.5 | 5.09 | 4.67 | 4.46 | 4.74 |
| BAC 20 | 14137.669 | 28.5 | 25.5 | 30 | 4.03 | 3.61 | 4.24 | 3.96 |
| BAC 30 | 14137.669 | 27 | 24 | 24 | 3.82 | 3.40 | 3.40 | 3.54 |

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3 berikut





Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BAC-10 mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 4,74 Mpa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 4,60 Mpa, maka beton BAC-10 memperoleh kenaikan sebesar 2,95% dengan selisih 0,14 Mpa. Tetapi pada BAC-30 memperoleh penurunan sebesar 23,04% dengan selisih 1,06 Mpa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pengaruh abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat halus dengan bahan tambah zat kimia superplasticizer viscocrete 0,8% mengalami kenaikan sebesar 2,95% terdapat pada variasi abu cangkang 10% yaitu dengan nilai kuat tarik sebesar 4,74 MPa dengan selisih 0,14 MPa dari beton normal yang memiliki nilai kuat tarik sebesar 4,60 MPa. Dan peningkatan kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10% pada 28 hari dan

0,8% superplasticizer viscocrete dari berat semen.

Pengaruh penambahan superplasticizer viscocrete membuat nilai kuat tarik beton abu cangkang kelapa sawit menjadi tidak teratur. Penambahan superplasticizer 0,8%, pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10% mengalami kenaikan kuat tarik, akan tetapi dengan variasi abu cangkang kelapa sawit 20 dan 30% dengan superplasticizer viscocrete 0,8% justru menyebabkan penurunan kuat tarik. Dikarenakan pada variasi abu cangkang 20% dan 30% terlalu banyak mengandung abu cangkang kelapa sawit. Karena abu cangkang kelapa sawit memiliki tekstur yang lebih halus dari agregat halus sehingga mempengaruhi kuatnya pada persentase 20 dan 30%, semakin banyak persentase agregat yg di substitusi semakin turun kuatnya.

DAFTAR PUSTAKA
BUKU

Pangloly, D. R., Sumajow, M. D. J., Dapas, S. O., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., Manado,

JURNAL

- Abdollahzadeh, G., Mohammadgholipour, A., & Omranian, E. (2018). Seismic evaluation of steel moment frames under Mainshock–aftershock sequence designed by elastic design and PBPD methods. *Journal of Earthquake Engineering*, 1-24.
- Amiri, S., & Bojórquez, E. (2019). Residual displacement ratios of structures under mainshock-aftershock sequences. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 121, 179-193
- ANSI, A. (2005). AISC 358–05 prequalified connections for special and intermediate steel moment frames for seismic applications. American Institute of Steel Construction Inc., Chicago..
- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc.
- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc.
- Adam, M. (2020). Unjuk Kerja Generator Clok Sinyal Low Pass Filter, Pam Multiplexing Pada Rangkaian Percobaan Pulse Code Modulation (PCM) Aplikasi pada Laboratorium Dasar Sistem Telekomunikasi. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 51-57.
- Adam, M. (2019, October). Pemanfaat Mikrokontroler Atmega8 Sebagai Pengaman Pintu Menggunakan Metode Sidik Jari (Fingerprint). In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 279-289)*.
- Adam, M., & Prabowo, A. (2019). Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo BI 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etab 12.6. 0. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 62-69.
- Affandi, A., Umurani, K., & Siregar, C. A. P. (2020). Perancangan Mesin Pengaduk Bumbu Kripik Ubi Untuk Peningkatan Produksi Industri Rumah Tangga Di Desa Sidodadi Ramunia Kecamatan Beringin. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 123-128.
- Asfiati, S., & Mutiara, D. T. (2021). STUDI KESELAMATAN DAN KEAMANAN TRANSPORTASI DI PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALAN REL DENGAN JALAN UMUM (Studi Kasus Perlintasan Kereta Api Di Jalan Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Affandi, A., Umurani, K., & Siregar, C. A. P. (2020). Perancangan Mesin Pengaduk Bumbu Kripik Ubi Untuk Peningkatan Produksi Industri Rumah Tangga Di Desa Sidodadi Ramunia Kecamatan Beringin. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 123-128.
- Ariani, R., & Riza, F. V. (2019, October). Peningkatan Derajat Kesehatan Melalui Sosialisasi Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat Sejak Dini. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 319-322)*.
- Azis, Z., Panggabean, S., & Sumardi, H. (2021). EFEKTIVITAS REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION TERHADAP HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA SMP NEGERI 1 PAHAE JAE. *Journal Mathematics Education Sigma [JMES]*, 2(1), 19-24.

- Azmi, N., Budi, T., & Muttaqin, A. (2019). Studi Kuat Geser Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Jenis Superplasticizer Menggunakan Bahan Tambah Abu Cangkang Sawit. 1(2), 71–77.
- Badan Standarisasi Nasional (2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Bhagat, S., Wijeyewickrema, A. C., & Subedi, N. (2018). Influence of Near-Fault Ground Motions with Fling-Step and Forward-Directivity Characteristics on Seismic Response of Base-Isolated Buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 1-20.
- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & Siregar, C. A. (2021). Pengujian Modul Solar Charger Control (SCC) Pada Teknologi Pembuangan Sampah Pintar. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): *Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 89-93.
- Eftekhar, G., & Nouri, G. (2018). Seismic Performance Assessment of High-Rise Buildings with Different Lateral Load Resisting Systems Under Near-Field Earthquakes with Fling Step. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 42(4), 361-370.
- Elkady, A., & Lignos, D. G. (2015). Effect of gravity framing on the overstrength and collapse capacity of steel frame buildings with perimeter special moment frames. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(8), 1289-1307.
- Faisal, A. (2019). Perilaku Nonlinear Struktur Gedung Baja Dengan Bentuk Denah L, T Dan U Akibat Gempa. *Progress In Civil Engineering Journal*, 1(1), 63-73.
- Febriana, A., & Wibowo, A. (2016). Analisis Pushover Untuk Performance Based Design (Studi Kasus n Gedung B Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), PP-676.
- Goda, K., & Taylor, C. A. (2012). Effects of aftershocks on peak ductility demand due to strong ground motion records from shallow crustal earthquakes. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(15), 2311- 2330.
- Khatami, M., Gerami, M., Kheyroddin, A., & Siahpolo, N. (2020). The effect of the mainshock–aftershock on the estimation of the separation gap of regular and irregular adjacent structures with the soft story. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 14(02), 2050008.
- Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC buildings. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*.
- Fitra, M., & Nasution, E. S. (2019, October). Pengembangan Produksi Dodol Mangrove Melalui Penerapan Teknologi Tepat Guna. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 350-354)*.
- 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*.
- 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*.
- 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.
- 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.
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. (2020). Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 38-47.
- Lubis, S., Damanik, W. S., & Siregar, M. A. (2021, January). DESIGN OF QIBLAT DIRECTION USING HMc 5883L SENSOR. In *Proceeding International Seminar of Islamic Studies* (Vol. 2, No. 1, pp. 178-184).
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 229-237.
- Lubis, S. (2018). Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. *RELE: Rekayasa Elektrikal dan Energi Jurnal Teknik Elektro* <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE>.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 44-53.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 2 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 104-114.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 85-92.
- Lubis, S., Siregar, C. A., Siregar, I., & Hasibuan, E. S. (2020). Kajian Eksperimen Deffoormasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 01-10.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 64-72.
- Lubis, R. D. W., Syam, B., & Gunawan, S. (2020). Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al₂O₃. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 29-37.
- Siregar, M. A., & Riawansyah, R. (2018). Simulasi Perpindahan Panas Pada Heater Injection Molding Menggunakan Software Solidworks. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 39-46.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. 6(2), 78-87. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V602.06> Sitorus, L. R. (2018). Analisis Kuat Tekan Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete-3115 N.

SNI

- SNI 03-1968, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1990). Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. 1–5.
- SNI 03-2834-2000, tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000. 1–34.
- SNI 03-4141, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1996). Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. 1–6.
- SNI 03-4804, M. pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. (1998). Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. 1–6.
- SNI 1969, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.
- SNI 1970, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
- SNI 1971, C. uji kadar air total agregat dengan pengeringan. (2011). Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.
- SNI 2491:2014, tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder. (2014). SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. 12.