

OBSERVASI KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) YANG DI- PERKUAT ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR SECARA EKSPERIMENTAL

DELINA NILA SARI

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

delinsari@gmail.com

ABSTRAK

Produksi semen yang berbahan utama berupa klinker dapat menimbulkan emisi gas karbondioksida sebesar 5 -7% untuk seluruh dunia. Dengan memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan, perlu dilakukan pengurangan semen pada pembuatan material konstruksi. Salah satunya yaitu pada foamed concrete. Dewasa ini material seperti beton ringan CLC (cellular lightweight concrete), sedang ramai dikembangkan. Maka dari itu, dalam penelitian ini penggunaan semen yang menjadi bahan penyusun utama beton CLC digantikan sebagian dengan memanfaatkan abu sekam padi (ASP) sebagai fly ash dimana kandungan utama ASP adalah silika. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka ASP dikombinasikan dengan serbuk cangkang telur (SCT) yang kaya akan kandungan kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kekuatan tekan dan tarik pada beton ringan CLC. Eksperimen yang dijalankan berupa membuat 4 variasi campuran yaitu 0%, 10%, 15% dan 20% sebagai alternative pengganti semen. Perbandingan pasir-semen yaitu 1:2, dengan nilai F.A.S sebesar 0.55. Hasil kuat tekan yang diperoleh menunjukkan bahwa, kuat tekan optimum berada pada variasi 0%. Hasil tersebut berbanding lurus dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena takaran campuran ASP dan SCT tidak bekerja secara maksimal sebagai bahan pozzolan. Sedangkan nilai densitas yang dihasilkan cenderung menurun untuk setiap penambahan variasi ASP dan SCT.

Kata Kunci: *Beton ringan CLC, abu sekam padi, serbuk cangkang telur.*

OBSERVATION OF TENSILE STRENGTH IN CLC (CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE) WITH RICE HUSK ASH AND EGGSHELL POWDER AS A CEMENT SUBSTITUTE EXPERIMENTALLY

ABSTRACT

The production of cement, which is mainly made of clinker, can cause carbon dioxide gas emissions of 5 -7% worldwide. By paying attention to the environmental impact, it is necessary to reduce cement in the manufacture of construction materials. One of them is foamed concrete. Currently, materials such as CLC (cellular lightweight concrete) are being developed. Therefore, in this study, the use of cement which is the main constituent of CLC is partially replaced by utilizing rice husk ash (RHA) as fly ash where the main content of RHA is silica. To get optimal results, RHA is combined with eggshell powder (EsP) which is rich in calcium content. This study aims to investigate the compressive and tensile strength characteristics of CLC. The experiment was carried out in the form of making 4 variations of the mixture, namely 0%, 10%, 15% and 20% as an alternative to cement. The sand-cement ratio is 1: 2, with a w/c value of 0.55. The compressive strength results obtained show that the optimum compressive strength is at a variation of 0%. This result is directly proportional to the resulting tensile strength value. This is because the dosage of the mixture of RHA and EsP does not work optimally as a pozzolanic ingredient. Meanwhile, the resulting density value tends to decrease for each additional variation of RHA and EsP.

Keywords: *Cellular lightweight concrete, rice husk ash, eggshell powder.*

PENDAHULUAN

Dalam konstruksi bangunan, dinding merupakan salah satu elemen yang penting. Dinding merupakan pembentuk utama dari bangunan dan berfungsi sebagai pemberi penampilan artistik dari suatu bangunan. Dalam perkembangannya, dinding yang biasanya terbuat dari bata konvensional mulai digantikan dengan inovasi baru guna mengurangi bobot dari bata yang digunakan. Salah satu inovasi yang sering digunakan yaitu berupa bata ringan atau disebut juga dengan beton ringan.

Beton ringan adalah mortar beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada mortar beton pada umumnya. Menurut SNI 03-3449-2002 mortar beton ringan tidak boleh melebihi berat isi maksimum beton ringan sebesar 1850 kg/m^3 . Salah satu jenis mortar beton ringan yang sering dijumpai (Ramamurthy, et. al., 2009), adalah beton ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) yaitu merupakan beton ringan yang mengandung banyak pori udara disebabkan oleh gelembung udara yang ditambahkan pada adonan mortar beton dan melalui proses *curing* secara alamiah.

Dalam perkembangannya, industri beton ringan CLC menghadapi berbagai tantangan dalam hal meningkatkan kuat tekan beton ringan, karena kekuatan tekan yang dihasilkan masih tergolong kecil. Namun meski begitu densitas dari beton ringan CLC ini tetap ringan. Oleh karena itu, inovasi-inovasi baru dalam hal pembuatan dan pengujian beton ringan CLC terus bermunculan

baik menyangkut bahan campuran yang digunakan, komposisi campuran yang digunakan dalam proses pembuatannya, maupun pemeriksaan aspek-aspek kekuatan lainnya seperti kuat tarik belah yang dihasilkan dari beton ringan CLC tersebut.

Umumnya bahan penyusun yang dipakai dalam beton ringan CLC adalah pasir, semen, air dan *foam agent*. Salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton jenis CLC adalah semen. Semen merupakan perekat hidraulik yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan berupa batu gypsum, dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat merekatkan pada batuan. Produksi semen yang didasarkan pada bahan utama berupa klinker (nodul) dapat menimbulkan emisi gas CO_2 atau lebih dikenal dengan gas karbondioksida, dimana saat ini industri semen di seluruh dunia bertanggungjawab atas 5-7% polusi dari emisi gas tersebut.

Pengurangan penggunaan klinker sebanyak 1 kg pada proses produksi 1 ton semen dapat mereduksi gas CO_2 sebanyak 1 kg pula. Dengan memperhatikan faktor lingkungan dan ekonomi, maka pengurangan emisi gas CO_2 akibat penggunaan material semen sangat dibutuhkan, sehingga dampaknya diperlukan pengurangan penggunaan semen pada pembuatan material konstruksi.

Berdasarkan alasan di atas, penggantian penggunaan semen sebagian perlu dilakukan terutama pada material konstruksi seperti adonan pengecoran beton, baik untuk beton struktural seperti kolom dan balok maupun beton non-struktural seperti dinding. Salah satunya alternative bahan pengganti penggunaan semen yaitu abu sekam padi dan cangkang telur. Sekam padi mengandung silika sebanyak 87% - 97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna sedangkan Kulit telur mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram Selain itu rata-rata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga. Kandungan kalsium yang cukup besar tersebut berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan material pozzolan semen.

Kedua bahan alternatif tersebut juga diharapkan dapat difungsikan sebagai bahan tambah yang dapat memperkuat sifat mekanis beton itu sendiri. Sehingga pemakaian semen dapat diminimalisir serta dapat memenuhi kebutuhan silika dan kalsium yang berkurang akibat pengurangan penggunaan semen sebagai-

Dengan pemanfaatan limbah abu sekam padi dan serbuk cangkang telur dalam membuat beton ringan diharapkan mampu menghasilkan produk beton ringan dengan kekuatan tarik belah yang baik, ramah lingkungan, dan dapat bersaing baik secara kualitas mau-

pun kuantitas dengan produk sejenisnya.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimental, dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa beton ringan CLC (*cellular lightweight concrete*) dengan perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1:2, nilai F.A.S sebesar 0.55, dan perbandingan antara *foam agent (FA/W)* dengan air sebesar 1:40. Densitas beton ringan yang dihasilkan adalah $< 1800 \text{ kg/m}^3$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Pasir

Pemeriksaan terhadap pasir yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, berat jenis, kadar lumpur dan kadar air.

Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Pasir

Nilai berat jenis adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 128 – 93, bahwa pengujian berat jenis masih memenuhi syarat, yaitu sebesar 1,60 – 3,30. Sedangkan hasil penyerapan air pada pasir yang diperoleh dari 2 sampel pengujian masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM 128 – 93 yaitu dengan batas maksimal penyerapan sebesar 4%.

Berat Isi Air

Berat isi pasir adalah massa per satuan volume pasir yang dihitung dalam jumlah besar, dimana volume tersebut termasuk dalam volume

partikel dan volume rongga antar partikel. Pemeriksaan berat isi pasir dimaksudkan untuk menentukan proporsi pasir yang digunakan dalam campuran. Berat isi pasir dapat diartikan juga sebagai perbandingan antara berat pasir kering dengan volume wadahnya.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 29 / C 29 M - 91, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian berat isi pasir yang dilakukan baik dalam metode lepas, metode tusuk maupun metode goyang didapati bahwa telah memenuhi spesifikasi yaitu $0,4 - 1,9 \text{ gr/cm}^3$.

Kadar Lumpur Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur pada pasir bertujuan untuk menentukan besarnya persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan utama penyusun beton ringan CLC. Kandungan lumpur harus $< 5\%$ yang merupakan ketentuan bagi penggunaan agregat halus dalam pembuatan beton. Hal ini dikarenakan ada kecenderungan peningkatan penggunaan air akibat adanya kandungan lumpur yang berlebih. Lumpur yang tidak dapat bersatu dengan semen akan menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada akhirnya kekuatan tekan dan tarik beton akan berkurang.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 556-89, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian adalah kadar lumpur yang terkandung dalam pasir masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu maksimal sebesar $5,0\%$.

Kadar Air Pasir

Pemeriksaan kadar air pada pasir ini dilakukan untuk memenuhi besarnya kadar air yang terkandung dalam pasir dengan cara pengerin-

gan dalam oven. Kadar air pada pasir adalah perbandingan antara berat pasir dalam kondisi kering oven terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 556-89, bahwa hasil yang didapatkan dari 2 sampel pengujian adalah kadar air yang terkandung dalam pasir masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu sebesar $1\% - 5\%$.

Hasil Pemeriksaan Bahan Pengganti

1. Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Abu Sekam Padi

Dengan mengetahui berat jenis kering (*specific gravity*) dan penyerapan air pada abu sekam padi (ASP), maka kita dapat menentukan nilai berat jenis SSD, berat jenis contoh semu dan persentase penyerapan air. Nilai berat jenis kering adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, jumlah rongga, atau pori yang didapat pada agregat.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Serbuk Cangkang Telur

Dengan mengetahui berat jenis kering (*specific gravity*) dan penyerapan air pada serbuk cangkang telur (SCT), maka kita dapat menentukan nilai berat jenis SSD, berat jenis contoh semu dan persentase penyerapan air. Nilai berat jenis kering adalah karakteristik umum yang digunakan untuk menghitung volume yang ditempatkan oleh agregat dalam berbagai campuran, sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau

kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, jumlah rongga, atau pori yang didapat pada serbuk cangkang telur (SCT).

Perhitungan Mix Design Beton Ringan

Sampai saat ini, tidak ada pengaturan *mix design* yang baku untuk proses pembuatan beton ringan CLC. Hal ini disebabkan karena densitas yang berperan besar pada jenis beton ini bergantung pada *foaming agents* dan reaksi yang terjadi saat pencampuran untuk menghasilkan pori gelembung udara pada beton tersebut. Oleh karena itu, untuk acuan campuran yang digunakan didasarkan pada pendekatan terhadap SNI 03-6825-2002 serta jurnal penelitian-penelitian sejenisnya yang relevan.

Perhitungan *mix design* didasarkan pada volume cetakan yang akan digunakan dalam sekali pembuatan benda uji. Dalam 1 m adonan beton digunakan perbandingan semen dan pasir sebesar 1:2 dengan nilai FAS sebesar 0.55. Penggunaan *foam agent* harus dicampurkan dengan air dengan ketentuan perbandingan 1:40 serta ditambahkan *chemical admixtures* sebesar 0.2% dari berat semen keseluruhan. Berikut ini tabel variasi pengganti semen yang digunakan serta tabel komposisi campuran beton ringan CLC dalam 1 m³.

Tabel 1. Variasi Pengganti Semen yang Digunakan

Variasi Campuran	ASP	SCT	Admixtures
0	1	2	3
0%	0%	0%	0,2%
10%	5%	5%	0,2%
15%	10%	5%	0,2%
20%	15%	5%	0,2%

Keterangan:

- 0% Abu sekam padi (ASP) + 0% Serbuk cangkang telur (SCT)

sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.

- 5% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.
- 10% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.
- 15% Abu sekam padi (ASP) + 5% Serbuk cangkang telur (SCT) sebanyak 3 benda uji tekan dan 3 benda uji tarik.

Pada saat pelaksanaan pembuatan beton ringan, dalam sekali pengadukan digunakan sebanyak 3.5 volume benda uji. Hal ini dilakukan untuk pengujian slump flow serta mengantisipasi apabila adanya kekurangan adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

$$\begin{aligned} \text{Volume 3.5 Benda Uji} &= 3.5 \times \text{Volume 1 benda uji} \\ &= 3.5 \times 0.0053 \text{ m}^3 \\ &= 0.01855 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan beton ringan CLC pada penelitian ini, komposisi *mix design* didasarkan pada berat jenis kering (*density*) rencana sebesar 1400 Kg/m³. Maka:

$$\begin{aligned} \text{Berat material rencana} &= \rho_{\text{rencana}} \times V_{3.5} \\ &= 1400 \text{ Kg/m}^3 \times 0.01855 \text{ m}^3 \\ &= 25,97 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kebutuhan *Foam Agent* pada volume beton 1 m³ yaitu perbandingan *foam agent* dan air telah ditentukan menurut ASTM C 789 sebesar 1 liter *foam Agent* dicampurkan dengan 40 liter air. Maka untuk pengadukan dengan volume sebesar 0.01855 m³ digunakan perbandingan yaitu 19 ml *foam agent* dicampur dengan 760 ml air.

Pemeriksaan Slump Flow

Slump flow test digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas pada beton jenis SCC (*Self Compacting Concrete*).

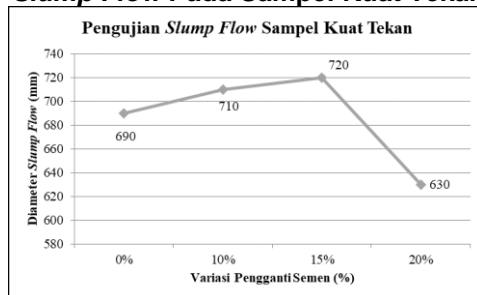
Kebutuhan nilai *slump flow* pada konstruksi bidang vertical dan bidang horizontal memiliki nilai yang berbeda. Untuk konstruksi vertical disarankan menggunakan *slump flow* antara 650 mm – 800 mm. Sedangkan untuk konstruksi horizontal disarankan menggunakan *slump flow* antara 600 mm – 750 mm.

1. Sampel Kuat Tekan

Dilakukan pengujian nilai *slump flow* pada sampel kuat tekan guna mengetahui nilai diameter yang dihasilkan untuk setiap variasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton ringan CLC dengan penambahan ASP dan SCT.

Dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 720 mm terjadi pada variasi beton ringan CLC dengan campuran pengganti semen 15%, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 630 mm ada pada variasi beton ringan CLC 20%. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.

Gambar 1. Grafik Analisa Pengujian Slump Flow Pada Sampel Kuat Tekan



Pada Gambar 1 dapat dilihat kenaikan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 15%. Namun, pada variasi 20% terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan *chemical admixtures* yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton ringan CLC serta penambahan ASP dan SCT pada takaran tertentu yang dapat

menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan CLC. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

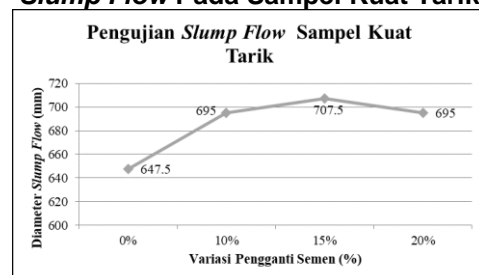
Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 1611/C 1611M 05, bahwa hasil yang didapatkan dari sampel pengujian dan perhitungan diameter pada *slump flow* masih memenuhi ketentuan *multi operator precision* yaitu memiliki hasil rata-rata diameter antara 530-740 mm. Dimana variasi 20% merupakan variasi campuran yang akan sangat mudah mengalir di dalam cetakan dibandingkan variasi lainnya.

2. Sampel Kuat tarik

Dilakukan pengujian nilai *slump flow* pada sampel kuat tekan guna mengetahui nilai diameter yang dihasilkan untuk setiap variasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton ringan CLC dengan penambahan ASP dan SCT.

Dapat dilihat bahwa *slump flow* terbesar dengan diameter rata-rata 707.5 mm terjadi pada variasi beton ringan CLC dengan campuran pengganti semen 15%, sedangkan *slump flow* terendah dengan diameter rata-rata 647.5 mm ada pada variasi beton ringan CLC 0%. Dapat dilihat pula terjadi kenaikan dan penurunan pada diameter *slump flow*.

Gambar 2. Grafik Analisa Pengujian Slump Flow Pada Sampel Kuat Tarik



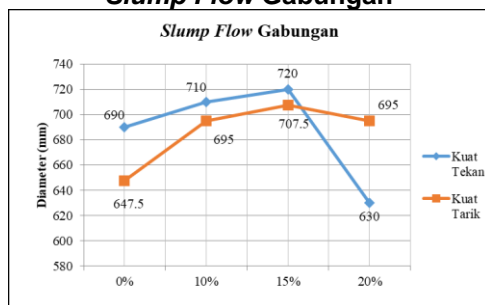
Pada Gambar 2 dapat dilihat kenaikan nilai rata-rata *slump flow* mulai terjadi dari variasi 0% hingga variasi 15%. Namun, pada variasi

20% terjadi penurunan nilai rata-rata *slump flow* yang cukup signifikan. Hal ini dapat didasari pada penggunaan *chemical admixtures* yang tidak sepenuhnya bekerja terhadap campuran beton ringan CLC serta penambahan ASP dan SCT pada takaran tertentu yang dapat menghambat *flowability* dan *workability* beton ringan CLC. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump flow* yang berkurang.

Berdasarkan dari batas yang ditetapkan pada ASTM C 1611/C 1611M 05, bahwa hasil yang didapatkan dari sampel pengujian dan perhitungan diameter pada *slump flow* masih memenuhi ketentuan *multi operator precision* yaitu memiliki hasil rata-rata diameter antara 530-740 mm. Dimana variasi 20% merupakan variasi campuran yang akan sangat mudah mengalir di dalam cetakan dibandingkan variasi lainnya.

3. *Slump Flow* Rata-rata Gabungan

Gambar 3. Grafik Analisa Pengujian *Slump Flow* Gabungan



Dapat dilihat pada Gambar 4.3 yang merupakan gabungan dari grafik *slump flow* untuk sampel kuat tekan dan grafik *slump flow* untuk sampel kuat tarik, sehingga lebih mudah untuk menyimpulkan dari hasil pengujian *slump flow* yang dilakukan pada kedua sampel. Dari kedua jenis sampel tersebut menghasilkan nilai *slump flow* dengan nilai *slump* yang mengalami kenaikan dan penurunan. Penurunan yang terjadi adalah diakibatkan oleh adanya penambahan

ASP dan SCT dalam jumlah tertentu yang menghambat *flowability* dan *workability* pada beton ringan CLC. Penggunaan *chemical admixture* yang bertujuan untuk mempermudah kelecakan beton pun tidak mampu menangani penyerapan air pada penambahan ASP dan SCT tersebut. Sehingga terjadi penurunan diameter *slump flow*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Safarizki, H.A (2017) dengan menggunakan bahan tambah serbuk bata dan serat fiber dengan variasi penambahan 2.7% serbuk bata serta 0.07% fiber dapat meningkatkan *slump flow* dari 120 mm menjadi 670 mm. Sedangkan ketika dilakukan penambahan limbah fiber dari 0.07% menjadi 0.55% terjadi pengurangan *slump flow* sebesar 50%. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya fiber yang ditambahkan sehingga adonan beton tidak lagi mengalami kelecakan seperti pada variasi sebelumnya.

Pengujian Berat jenis Beton (*Density*)

Tujuan dilakukannya pengujian berat jenis beton adalah untuk menentukan kepadatan beton segar dan beton kering setelah perendaman, serta untuk mengetahui apabila beton yang dilakukan pengujian tersebut telah memenuhi nilai berat jenis rencana.

1. Analisa Berat jenis Beton Ringan (*Density*) Pada Sampel Kuat Tekan

Terdapat dua jenis berat jenis yang dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*) saat basah dan kering untuk pengujian kuat tekan. Kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan

pada variasi masing-masing sampel kuat tekan.

1) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 0% Pada Sampel Kuat Tekan

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (density) pada variasi 0% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$. Density terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar $1590.1 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1586.4 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering dan yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar $1556.2 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1546.8 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 0.24% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.24% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.61% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.36%.

2) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 10% Pada Sampel Kuat Tekan

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (density) pada variasi 10% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$. Density terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar $1582.6 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1575 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar $1546.8 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1529.8 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel

1 sebesar 0.47% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.84% dari density basah, sampel 3 sebesar 1.09% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.801%.

3) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 15% Pada Sampel Kuat Tekan

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (density) pada variasi 15% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$. Density terbesar ada pada sampel 2 yaitu sebesar $1563.7 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1552.4 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar $1528.3 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1516.6 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 1.58% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.72% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.76% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 1.02%.

4) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 20% Pada Sampel Kuat Tekan

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (density) pada variasi 20% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$. Density terbesar ada pada sampel 3 yaitu sebesar $1535.4 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas basah dan $1533.5 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$ untuk densitas kering. Serta yang

terkecil ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1507 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1482.6 (kg/m^3) untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 1.63% dari density basah, sampel 2 sebesar 1.24% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.12% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.99%.

2. Analisa Berat jenis Beton Ringan (Density) Pada Sampel Kuat Tarik

Terdapat dua jenis berat jenis yang dilakukan analisis, yaitu berat jenis beton segar sebelum direndam dan berat jenis beton setelah dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan berat jenis beton ringan (*density*) saat basah dan kering untuk pengujian kuat tarik. Kemudian dilakukan analisa grafik berdasarkan pada variasi masing-masing sampel kuat tarik.

1) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 0% Pada Sampel Kuat Tarik

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 0% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800(\text{kg}/\text{m}^3)$. Density terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1590.1 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1586.4 (kg/m^3) untuk densitas kering dan yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1556.2 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1546.8 (kg/m^3) untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel

1 sebesar 0.24% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.24% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.61% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.36%.

2) Analisa Hasil Grafik Berat Jenis Beton (Density) Variasi 10% Pada Sampel Kuat Tarik

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 10% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800(\text{kg}/\text{m}^3)$. Density terbesar ada pada sampel 1 yaitu sebesar 1582.6 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1575 (kg/m^3) untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1546.8 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1529.8 (kg/m^3) untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 0.47% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.84% dari density basah, sampel 3 sebesar 1.09% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.801%.

3) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 15% Pada Sampel Kuat Tarik

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (*density*) pada variasi 15% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800(\text{kg}/\text{m}^3)$. Density terbesar ada pada sampel 2 yaitu sebesar 1563.7 (kg/m^3) untuk densitas basah dan 1552.4 (kg/m^3) untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 3 yaitu sebesar 1528.3 (kg/m^3) untuk

densitas basah dan $1516.6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 1.58% dari density basah, sampel 2 sebesar 0.72% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.76% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 1.02%.

4) Analisa Hasil Grafik Berat jenis Beton (Density) Variasi 20% Pada Sampel Kuat Tarik

Dapat diketahui bahwa berat jenis beton (density) pada variasi 20% masih memenuhi ketentuan berat jenis beton ringan yang ditetapkan dalam SNI 03-3449- 2002 yaitu $< 1800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$. Density terbesar ada pada sampel 3 yaitu sebesar $1535.4 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ untuk densitas basah dan $1533.5 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ untuk densitas kering. Serta yang terkecil ada pada sampel 1 yaitu sebesar $1507 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ untuk densitas basah dan $1482.6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ untuk densitas kering.

Dari grafik perbandingan antara density basah dan density kering juga dapat dilihat bahwa telah terjadi penurunan density pada sampel 1 sebesar 1.63% dari density basah, sampel 2 sebesar 1.24% dari density basah, sampel 3 sebesar 0.12% dari density basah. Maka diperoleh rata-rata penurunan density sebesar 0.99%.

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 1500 kN. Benda uji yang dilakukan tes adalah berupa silinder dengan diameter 15

cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tekan tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran ASP dan SCT (variasi 0%) dengan kekuatan tekan rata-rata sebesar 7.13 MPa, dan kekuatan terendah terdapat pada beton dengan campuran ASP sebesar 15% dan SCT sebesar 5% (variasi 20%) yaitu dengan kekuatan tekan rata-rata hanya sebesar 3.73 MPa.

Pada kuat tekan beton ringan CLC ini, berat jenis (*density*) sangat berpengaruh besar. Semakin tinggi densitas beton tersebut maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Penurunan nilai kuat tekan pada variasi campuran pengganti semen juga dipengaruhi oleh factor jumlah campuran ASP dan SCT yang bereaksi sebagai pengganti semen dalam adonan beton ringan. Kandungan kalsium serta silika yang terkandung pada ASP dan SCT melebihi dari yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kuat tekan optimum. Sehingga pada saat terjadi reaksi kimia antara kandungan semen dan air, terjadi kejenuhan yang disebabkan terlalu banyaknya takaran silika dan kalsium yang ditambahkan. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan yang cukup jauh dari nilai kuat tekan control pada variasi 0%.

Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2491-2014 pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tarik (*tensile strength test*). Benda uji yang dilakukan tes adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Menurut Ferguso (1986) dalam Rahamudin (2016), kekuatan tarik belah beton relative rendah, hanya 10-15% dari nilai kekuatan tekannya. Kekuatan ini juga lebih sukar untuk diukur dan hasilnya pun cenderung berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lainnya dibandingkan dengan sampel uji tekan. Hasil pengujian kuat tarik belah tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa kekuatan tarik belah tertinggi terdapat pada benda uji beton tanpa campuran ASP dan SCT (variasi 0%) dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 0.660 MPa, dan kekuatan tarik terendah terdapat pada beton dengan campuran ASP sebesar 15% dan SCT sebesar 5% (variasi 20%) yaitu dengan kekuatan tarik rata-rata hanya sebesar 4.72 MPa. Perolehan nilai tersebut juga berbanding lurus dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada setiap variasi.

KESIMPULAN

Dengan selesainya proses penelitian dan analisis hasil penelitiannya, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu:

1. Hasil dari penambahan ASP dan SCT pada beton ringan CLC memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa:
 - a. Diperoleh nilai slump flow maksimum yaitu sebesar 720 mm pada sampel kuat tekan variasi 15% dan 707.5 mm pada sampel kuat tarik variasi 15%. Sedangkan nilai slump flow minimum adalah sebesar 630 mm sampel kuat tekan variasi 20% dan 695

mm pada sampel kuat tarik variasi 10% dan 20%.

- b. Pada pemeriksaan density terhadap variasi campuran 10%, 15% dan 20% untuk sampel kuat tekan cenderung menurun hingga 2.7% - 5.8% dari density variasi 0% dan untuk sampel kuat tarik menurun 0.84% – 3.84% dari density variasi 0%.
 - c. Karakteristik kuat tekan beton ringan CLC dengan campuran ASP dan SCT sebagai campuran pengganti semen pada variasi 10%, 15% dan 20% di umur 28 hari mengalami penurunan sebesar 27.7% sampai 47.7% atau 1-98 MPa - 3.4 MPa dari nilai kuat tekan pada variasi pengontrol 0%.
 - d. Pada pengujian kekuatan tarik belah juga terjadi penurunan nilai kuat tarik sebesar 0.141 MPa - 0.188 MPa dari nilai kuat tarik tertinggi pada variasi 0%. Hasil dari pengujian kuat tarik yang dilakukan juga berbanding lurus terhadap nilai kuat tekan.
2. Hasil dari penambahan ASP dan SCT pada beton ringan CLC memberikan pengaruh terhadap nilai densitas, kuat tekan dan kuat tarik sebagai berikut:
 - a. Berat jenis (density) beton ringan CLC rata-rata adalah sebesar 1569.4 kg/m^3 – 1451.4 kg/m^3 , sesuai dengan nilai density rencana yaitu sebesar 1400 kg/m^3 dan telah memenuhi per-

syarat SNI 03-3449-2002 yaitu tidak melebihi 1800 kg/m^3 .

- b. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi 0%, yaitu tanpa penggunaan ASP dan SCT pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 7.14 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan minimum terjadi pada variasi 20% yaitu sebesar 3.73 MPa.
 - c. Nilai kuat tarik belah optimum terjadi pada variasi 0%, yaitu tanpa penggunaan ASP dan SCT pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 0.66 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah minimum terjadi pada variasi 15% yaitu sebesar 0.472 MPa.
3. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan ASP dan SCT dengan persentase paling optimum terjadi pada variasi 15% untuk pengujian kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA JURNAL

- 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.
- 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).
- Asfiati, S., & Mutiara, D. T. (2021). STUDI KESELAMATAN DAN KEAMANAN TRANSPORTASI DI PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALAN REL DENGAN JALAN UMUM (Studi Kasus Perlindungan Kereta Api Di Jalan Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- 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.
- 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.
- 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 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. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Push-over. *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.
- 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., Aguslinar, A., Pratiwi, D. N., & Ginting, N. W. (2019, October). Program Pendampingan Remaja Terhadap Dampak Teknologi Digital Terhadap Gaya Hidup di Desa Sidodadi Ramunia, Kabupaten Deli Serdang. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 378-383).
- 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.
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sen-

- sor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT, 2(2), 229-237.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. (2021). Bimbingan Dan Pelatihan Kepada Masyarakat Tentang Pembagian Harta Warisan Menurut Islam Di Ranting Tanjung Gusta Medan. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 6(1), 70-81.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. D. (2020). PKM Pembuatan Saluran Drainase Dusun li Jln Inpres Desa Tanjung Gusta Untuk Mengatasi Banjir. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 1-5.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PENELITIAN 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.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.