

TATA CARA RANCANGAN CAMPUR UNTUK MEMBUAT BATA RINGAN *CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)*

Jusuf J. S. Pah¹ (yuserpbdaniel@yahoo.co.id)

Claracelia I. Ratrigin² (bella.ratrigin97@gmail.com)

Dantje A. T. Sina³ (dantjesina@staf.undana.ac.id)

ABSTRAK

Meskipun saat ini produksi bata ringan CLC terus meningkat dan semakin banyak digunakan sebagai bahan dinding untuk konstruksi bangunan, terdapat sebuah masalah yaitu belum ada standar tata cara rancang campur untuk pembuatan bata ringan yang dimaksud sebagai panduan dalam melakukan proses produksi. Hal ini disebabkan oleh tidak cukup banyaknya penelitian yang telah dilakukan untuk menyediakan tata cara rancang campur tersebut. Penelitian ini bermaksud untuk menyelesaikan masalah tersebut sehingga bertujuan untuk menyediakan tata cara rancang campur untuk produksi bata ringan CLC. Tata cara rancangan campur tersebut akan disajikannya dalam bentuk modul komputer. Dalam penelitian ini telah berhasil dibuat tata cara rancang campur bata ringan CLC yang terdiri atas Modul 1 yang bertujuan untuk membantu *user* dalam menentukan volume pasir dan volume semen dalam pembuatan 1 m³ rancangan campur bata ringan CLC, Modul 2.1 yang bertujuan untuk menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk *foam generator* berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk *foam* dalam pembuatan 1 m³ rancangan campur bata ringan CLC, dan Modul 2.2 yang bertujuan untuk menentukan volume air untuk *foam generator* dan volume air untuk campuran berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk campuran dalam pembuatan 1 m³ rancangan campur bata ringan CLC.

Kata kunci: Bata Ringan CLC, Tata Cara, Rancangan Campur, Modul Komputer

ABSTRACT

Despite the growing production and wider usage of CLC bricks nowadays as wall materials for building construction, there has no standard mix-design-procedures for the manufactures of the bricks in question to guide them in carrying out the production process. The lack thereof might be caused by no sufficient research has been carried out to provide the intended mix-design. This research seeked to answer that lack, and was aimed at providing a mix-design-procedures for the production of CLC bricks. The procedure will be presented in the form of a computer module. In this research, a design procedure for lightweight brick has been successfully created the CLC which consists of Module 1 to assist the user in determining sand volume and cement volume in manufacture of 1 m³ mixed design of CLC. Module 2.1 aims to determine water volume for mixture and water volume for foam generator by intensive, moderate or thrifty water volume for the foam in manufacture of 1 m³ mixed design of CLC. Module 2.2 aims to determine the water volume for foam generator and water volume for mixture by wasteful, moderate or thrifty water volume to the mixture in manufacture of 1 m³ mixed design of CLC.

Keywords: CLC Lightweight Brick, Procedure, Mixed Design, Computer Module

PENDAHULUAN

Pembangunan dalam dunia konstruksi semakin meningkat karena penambahan penduduk yang semakin tinggi. Seiring dengan banyaknya pembangunan, maka muncul berbagai jenis bahan

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana, (penulis korespondensi);

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

bangunan baru dalam dunia konstruksi yang lebih memudahkan pengerjaan, salah satunya adalah bata ringan. Bata ringan merupakan bahan bangunan non-struktural yang digunakan pada pasangan dinding dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat dan rumah tinggal. Di pasaran terdapat beberapa jenis bata ringan, salah satunya adalah bata ringan jenis *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) adalah beton selular yang mengalami proses *curing* yang berlangsung secara alami. Bahan pembentuk bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) adalah semen, pasir, air, dan *foam agent*.

Dalam pembuatan beton, Standar Nasional Indonesia (SNI) merupakan salah satu acuan yang digunakan dalam pembuatannya. Tata cara pembuatan rencana campuran untuk beton normal terdapat pada SNI 03-2834-2000, tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan terdapat pada SNI 03-3449-2002, sedangkan tata cara rancangan campur untuk bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) belum ada. Karena sejauh ini belum ada tata cara rancangan campur untuk membuat bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) seperti pada beton, maka penelitian ini bertujuan membuat tata cara rancangan campur dari Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).

KAJIAN PUSTAKA

Bata Ringan

Bata ringan adalah bata yang memiliki berat jenis (density) yang lebih ringan dari bata pada umumnya (Ngabdurrochan, 2009). Kelebihan utama pada bata ringan adalah pada berat volumenya yang kecil, sehingga apabila digunakan pada bangunan tingkat tinggi akan mengurangi berat sendiri pada bangunan secara signifikan. Di pasaran terdapat dua jenis bata ringan yaitu bata ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Secara umum ada beberapa kriteria yang membedakan bata ringan AAC dan CLC yaitu bahan dasar pembuatan, karakteristik, proses produksi, ukuran dan harga.

Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) adalah beton selular yang mengalami proses *curing* yang berlangsung secara alami.

Bahan Penyusun Bata Ringan CLC

Dalam pembuatan bata ringan, bahan-bahan yang digunakan untuk membuat bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) adalah semen, agregat halus (pasir), air dan *foam agent*.

Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI-03-2847-2002).

Foam Agent

Faktor air *foam agent* merupakan perbandingan antara volume *foam agent* dan volume air pada campuran. *Foam agent* merupakan zat yang mampu memperbesar volume bata beton ringan tanpa menambah berat dari beton ringan itu sendiri. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami berupa protein dan bahan buatan berupa sintesis. *Foam agent* yang berasal dari bahan alami memiliki kepadatan 80 gram/liter dan dapat mengembang 12,5 kali. *Foam* ini relatif stabil dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *foam* sintesis (Tansajaya dan Nadia, 2008).

Pada penelitian ini terdapat dua jenis *foam agent* yang akan digunakan dalam pembuatan tata cara rancang campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Jenis *foam agent* yang

digunakan adalah *foam agent* yang di produksi oleh PT. Banon Con Indonesia dan CV. Gunung Derajat Sejahtera.

Air

Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI – 03 – 2847 – 2002)

Semen

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15 – 2049 – 2004).

Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Faktor Air Foam Terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC)

Dalam pembuatan tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*, pada langkah pertama perlu diketahui hubungan antara faktor air semen dan faktor air *foam* terhadap kuat tekan dan berat volume bata ringan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Karena bata ringan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)* adalah perkembangan yang baru, maka belum ada teori tentang hubungan antara faktor air semen dan faktor air *foam* terhadap kuat tekan dan berat volume bata ringan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*.

Pada tahun 2021, Tulle (2021) melakukan penelitian tentang hubungan faktor air semen dan faktor air *foam* terhadap kuat tekan dan berat volume bata ringan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*, sehingga hasil penelitian tersebut akan menjadi salah satu dasar teori dalam penelitian ini.

Hubungan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan CLC

Hubungan faktor air semen terhadap kuat tekan bata ringan dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 1. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Bata Ringan CLC terhadap Faktor Air Foam Agent

| Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Bata Ringan CLC | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| FAF | Persamaan Untuk Foam Hijau | Persamaan Untuk Foam Putih |
| 1 : 80 | $y = -0.1836x^2 + 0.6073x + 2.0375$ | $y = -0.0424x^2 + 0.6073x + 0.4274$ |
| 1 : 40 | $y = -0.113x^2 + 0.113x + 2.2635$ | $y = -1.0452x^2 + 4.661x - 2.906$ |
| 1 : 20 | $y = 0.113x^2 - 0.6497x + 1.7268$ | $y = 0.4379x^2 - 1.8785x + 2.8285$ |

Di mana :

- Nilai y = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)
- Nilai x = Faktor Air Foam (FAF)

Hubungan Faktor Air Foam Agent terhadap Kuat Tekan Bata Ringan CLC

Hubungan faktor air *foam* terhadap kuat tekan bata ringan dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 2. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Foam Agent dan Kuat Tekan Bata Ringan CLC terhadap Faktor Air Semen

| Hubungan Antara Faktor Air Foam dan Kuat Tekan Bata Ringan CLC | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| FAS | Persamaan Untuk Foam Hijau | Persamaan Untuk Foam Putih |
| 0,40 | $y = -0.4379x^2 + 1.1158x + 1.7833$ | $y = 0.4802x^2 - 1.7232x + 2.2353$ |
| 0,50 | $y = -0.339x^2 + 0.5367x + 2.32$ | $y = -1.0876x^2 + 4.0254x - 1.4653$ |
| 0,60 | $y = -0.0847x^2 - 0.3672x + 2.659$ | $y = -0.1695x^2 + 0.3107x + 1.7268$ |

Di mana :

Nilai y = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)

Nilai x = Faktor Air Foam (FAF)

Hubungan Faktor Air Semen Terhadap Berat Volume Bata Ringan CLC

Hubungan faktor air semen terhadap berat volume bata ringan dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 3. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Berat Volume Bata Ringan CLC terhadap Faktor Air Foam Agent

| Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Berat Volume Bata Ringan CLC | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| FAF | Persamaan Untuk Foam Hijau | Persamaan Untuk Foam Putih |
| 1 : 80 | $y = -0.112x^2 + 0.4179x + 0.8912$ | $y = -0.1086x^2 + 0.5493x + 0.478$ |
| 1 : 40 | $y = -0.0503x^2 + 0.1229x + 1.1031$ | $y = -0.1647x^2 + 0.7336x + 0.4189$ |
| 1 : 20 | $y = -0.041x^2 + 0.0746x + 0.9133$ | $y = 0.15x^2 - 0.635x + 1.5209$ |

Di mana :

Nilai y = Berat Volume Bata Ringan (gr/cm³)

Nilai x = Faktor Air Foam Agent (FAF)

Hubungan Faktor Air Foam Terhadap Berat Volume Bata Ringan CLC

Hubungan faktor air foam terhadap berat volume bata ringan dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 4. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Foam Agent dan Berat Volume Bata Ringan CLC terhadap Faktor Air Semen

| Hubungan Antara Faktor Air Foam dan Berat Volume Bata Ringan CLC | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| FAS | Persamaan Untuk Foam Hijau | Persamaan Untuk Foam Putih |
| 0,40 | $y = -0.1037x^2 + 0.2895x + 1.0113$ | $y = -0.0106x^2 + 0.101x + 0.8282$ |
| 0,50 | $y = -0.0589x^2 + 0.0453x + 1.2927$ | $y = -0.2309x^2 + 0.7781x + 0.5949$ |
| 0,60 | $y = -0.0665x^2 + 0.0818x + 1.1218$ | $y = -0.0805x^2 + 0.2308x + 0.998$ |

Di mana :

Nilai y = Berat Volume Bata Ringan (gr/cm³)

Nilai x = Faktor Air *Foam Agent* (FAF)

Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Faktor Air *Foam* terhadap Kuat Tekan Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Berdasarkan persamaan grafik dari hasil penelitian Tulle (2021), nilai X menunjukkan faktor air semen atau faktor air *foam*, sedangkan nilai Y menunjukkan kuat tekan atau berat volume bata ringan CLC. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian tersebut maka pada penelitian yang akan penulis teliti, perlu diubah nilai X menjadi kuat tekan bata ringan CLC, sedangkan nilai Y diubah menjadi faktor air semen atau faktor air *foam*.

Penentuan hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) di bagi menjadi dua berdasarkan jenis *foam* yang digunakan, yaitu *foam* hijau dan *foam* putih. Pada masing-masing jenis *foam* sudah terdapat hasil uji kuat tekan bata ringan pada masing-masing jenis *foam* yang didapatkan dari penelitian sebelumnya dengan judul “Hubungan Antara Faktor Air Semen dan Faktor Air *Foam Agent* terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)” (Tulle, 2021). Berikut ini akan ditampilkan hubungan antara faktor air semen dan faktor air *foam* terhadap kuat tekan bata ringan CLC.

Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Bata Ringan Pada *Foam* Hijau

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan bata ringan pada jenis *foam* hijau dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 5. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Bata Ringan untuk Foam Hijau

| Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan | |
|--|-----------------------------------|
| FAF | Persamaan untuk <i>foam</i> hijau |
| 1 : 80 | $y = 8.17x^2 - 38.94x + 46.73$ |
| 1 : 40 | $y = -0.33x^2 + 0.96x - 0.10$ |
| 1 : 20 | $y = 2.20x^2 - 4.87x + 3.08$ |

Di mana :

Nilai x = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)
 Nilai y = Faktor Air Semen (FAS)

Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Bata Ringan Pada *Foam* Putih

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan bata ringan pada jenis *foam* putih dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 6. Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan Bata Ringan untuk Foam Putih

| Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan | |
|--|-----------------------------------|
| FAF | Persamaan untuk <i>foam</i> putih |
| 1 : 80 | $y = 0.05x^2 + 0.08x + 0.27$ |
| 1 : 40 | $y = -0.25x^2 + 0.81x - 0.05$ |
| 1 : 20 | $y = -1.96x^2 + 4.16x - 1.60$ |

Di mana :

Nilai x = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)

Nilai y = Faktor Air Semen (FAS)

Hubungan Antara Faktor Air *Foam* dengan Kuat Tekan Bata Ringan Pada *Foam Hijau*

Hubungan antara faktor air *foam* dengan kuat tekan bata ringan pada jenis *foam* hijau dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 7. *Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Foam dengan Kuat Tekan Bata Ringan untuk Foam Hijau*

| Hubungan Antara Faktor Air <i>Foam</i> dengan Kuat Tekan | |
|--|-----------------------------------|
| FAS | Persamaan untuk <i>foam</i> hijau |
| 0,40 | $y = -0.03x^2 + 0.09x - 0.01$ |
| 0,50 | $y = -0.003x^2 - 0.01x + 0.06$ |
| 0,60 | $y = 0.01x^2 - 0.05x + 0.09$ |

Di mana :

Nilai x = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)

Nilai y = Faktor Air *Foam* (FAF)

Hubungan Antara Faktor Air *Foam* dengan Kuat Tekan Bata Ringan Pada *Foam Putih*

Hubungan antara faktor air *foam* dengan kuat tekan bata ringan pada jenis *foam* putih dinyatakan dalam persamaan berikut:

Tabel 8. *Persamaan Grafik Hubungan Antara Faktor Air Foam dengan Kuat Tekan Bata Ringan untuk Foam Putih*

| Hubungan Antara Faktor Air <i>Foam</i> dengan Kuat Tekan | |
|--|-----------------------------------|
| FAS | Persamaan untuk <i>foam</i> putih |
| 0,40 | $y = 0.21x^2 - 0.39x + 0.20$ |
| 0,50 | $y = 0.05x^2 - 0.18x + 0.16$ |
| 0,60 | $y = -0.02x^2 + 0.02x + 0.06$ |

Di mana :

Nilai x = Kuat Tekan Bata Ringan (MPa)

Nilai y = Faktor Air *Foam* (FAF)

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kampus Universitas Nusa Cendana, Program Studi Teknik Sipil dan waktu pelaksanaan penelitian berlangsung sejak judul penelitian disetujui yaitu pada bulan Oktober 2019. Pembuatan modul komputer dimulai dari bulan Februari 2020 sampai bulan Agustus 2020 dan hasil penelitian dari Pah, JJS et.al. (2021) digunakan untuk melengkapi modul-modul yang telah dikerjakan, sehingga penelitian ini berakhir pada bulan Agustus 2021.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Beberapa tahapan pelaksanaan penelitian yang perlu dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Memperoleh informasi teoritis tentang hubungan faktor air semen dengan kekuatan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).
2. Memperoleh informasi teoritis tentang hubungan faktor air *foam* dengan kekuatan bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).
3. Studi mengenai tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) yang dilakukan selama ini.
4. Membuat tata cara rancangan campur untuk bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).
5. Mentranslasikan tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) tersebut ke dalam bentuk modul komputer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-Langkah Proses Pembuatan Bata Ringan pada Pabrik BrikKoe Jaya Perkasa

Langkah-langkah proses pembuatan bata ringan untuk 1 m³ campuran, berdasarkan hasil wawancara di pabrik BrikKoe Jaya Perkasa adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Mempersiapkan pasir yang akan digunakan sebanyak 480 kg. Pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos ayakan 4,75 mm
3. Membuat *foam* menggunakan *foam generator* dengan mencampurkan 1 liter *Foam Agent* yang dilarutkan dengan 40 liter air
4. Mempersiapkan semen yang akan digunakan sebanyak 360 kg
5. Mempersiapkan air yang akan digunakan sebanyak 260 liter
6. Air yang telah disiapkan dimasukan terlebih dahulu kedalam *mixer*, setelah itu semen, dan pasir dimasukan kedalam *mixer* dan diaduk hingga campuran merata
7. *Foam* yang dihasilkan dari *foam generator* dengan campuran air dan *Foam Agent* dimasukan kedalam campuran *mixer* dan diaduk hingga merata
8. Setelah campuran merata, adonan tersebut dituang kedalam cetakan kemudian permukaannya diratakan
9. Campuran bata ringan tersebut dibiarkan mengering
10. Setelah dikeringkan, cetakan bata ringan tersebut dilepas dan disimpan di tempat perawatan.

Konstruksi Tata Cara Rancang Campur Untuk Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

Tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* ini akan dibuat berdasarkan kebiasaan rancang campur yang di praktekan pada pabrik BrikKoe Jaya Perkasa dan berdasarkan hubungan teoritis antara faktor air semen dan faktor air *foam* terhadap kuat tekan dan berat volume bata ringan *Cellular Lightweight Concrete*, yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya, oleh Pah, JJS et.al. (2021). Langkah pertama yang akan di lakukan untuk membuat tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* ini adalah menentukan volume pasir dan volume semen untuk pembuatan 1 m³ rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete*. Berikut ini langkah tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

Menentukan Volume Pasir dan Volume Semen untuk 1 m³ Rancangan Campur Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete*

Langkah-langkah dalam menentukan volume pasir dan volume semen adalah sebagai berikut:

1. Menginput jenis semen dan jenis pasir yang akan digunakan
2. Menentukan berat target untuk berat jenis bata ringan yang diinginkan yang tidak melebihi berat jenis maksimum. Berat jenis minimum 600 kg/m³ dan berat jenis maksimum 1000 kg/m³
3. Menghitung volume pasir (Vs) menggunakan persamaan:

$$V_s = \frac{\text{Berat Target BR}}{1000G_{ss} + (0,62 \times (1000 G_{sc}))}$$

4. Menghitung volume semen (Vc) menggunakan persamaan:

$$V_c = 0,62 V_s$$

Menentukan Volume Air Untuk Campuran dan Volume Air Untuk *Foam Generator* Untuk 1 m³ Rancangan Campur Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air untuk *Foam*

Langkah-langkah dalam menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk *foam generator* adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh volume semen rencana
2. Memperoleh volume *foam* rencana dari hasil *study* ke pabrik BrikKoe Jaya Perkasa
3. Menentukan jenis *foam* yang akan digunakan yaitu *foam* hijau dan *foam* putih
4. Menentukan kekuatan yang direncanakan
5. Menentukan ukuran air untuk *foam* yang dibagi dalam tiga kategori yaitu boros, sedang dan hemat
6. Menghitung volume air untuk campuran menggunakan persamaan:

$$\text{Volume air untuk campuran} = \text{Faktor Air Semen} \times \text{volume semen rencana}$$

7. Menghitung volume air untuk *foam generator* menggunakan persamaan:

$$\text{Volume air untuk foam generator} = \frac{\text{Volume Foam Rencana}}{\text{Faktor Air Foam}}$$

Menentukan Volume Air Untuk *Foam generator* dan Volume Air Untuk Campuran Untuk 1 m³ Rancangan Campur Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air untuk Campuran

Langkah-langkah dalam menentukan volume air untuk *foam generator* dan volume air untuk campuran adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh volume *foam* rencana dari hasil *study* ke pabrik BrikKoe Jaya Perkasa
2. Memperoleh volume semen rencana
3. Menentukan jenis *foam* yang akan digunakan yaitu *foam* hijau dan *foam* putih
4. Menentukan kekuatan yang direncanakan
5. Menentukan ukuran air untuk *foam* yang dibagi dalam tiga kategori yaitu boros, sedang dan hemat
6. Menghitung volume air untuk *foam generator* menggunakan persamaan:

$$\text{Volume air untuk foam generator} = \frac{\text{Volume Foam Rencana}}{\text{Faktor Air Foam}}$$

7. Menghitung volume air untuk campuran menggunakan persamaan:

$$\text{Volume air untuk campuran} = \text{Faktor Air Semen} \times \text{volume semen rencana}$$

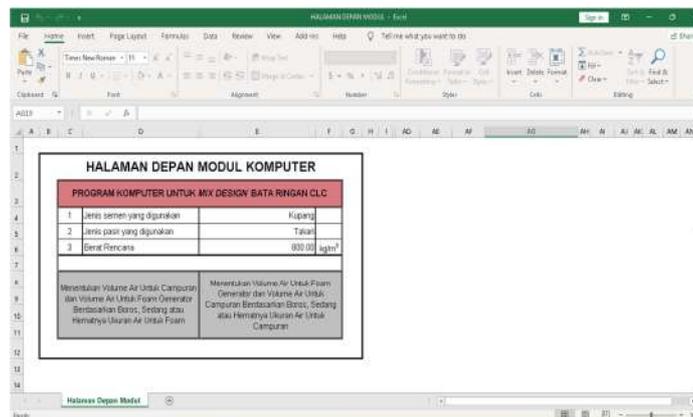
Langkah-langkah dalam menentukan volume pasir dan volume semen, menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk foam generator berdasarkan boros, sedang atau hematnya ukuran air untuk foam dan menentukan volume air untuk foam generator dan volume air untuk campuran berdasarkan boros, sedang atau hematnya ukuran air untuk campuran dalam pembuatan 1 m³ rancangan campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC), dinyatakan dalam *flowchart* yang dapat di akses pada link berikut:

<https://drive.google.com/drive/folders/1StKDKmVog2dXW54DHlaAC4RqQxvYHL5Z?usp=sharing>

Membuat Modul Komputer

Dalam proses pembuatan tata cara rancangan campur untuk bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC), dibuat modul komputer untuk mengaplikasikan tata cara rancangan campur untuk bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Penjelasan serta tahapan penggunaan modul dalam pembuatan 1 m³ rancang campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) adalah sebagai berikut:

1. Membuka file *excel* “Halaman Depan Modul”. Tampilan dari halaman depan modul seperti gambar berikut ini:



Gambar 1. Halaman Depan Modul

2. Memasukan data *input* yang diinginkan oleh *user*. Tampilan *input* pada halaman depan modul seperti pada gambar berikut ini:

| A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|----------------------------|---|--|-------------------|---|
| 1 | HALAMAN DEPAN MODUL KOMPUTER | | | | | |
| 2 | PROGRAM KOMPUTER UNTUK MIX DESIGN BATA RINGAN CLC | | | | | |
| 3 | 1 | Jenis semen yang digunakan | | Kupang | | |
| 4 | 2 | Jenis pasir yang digunakan | | Takari | | |
| 5 | 3 | Berat Rencana | | 800.00 | kg/m ³ | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | Menentukan Volume Air Untuk Campuran dan Volume Air Untuk Foam Generator Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk Foam | | | Menentukan Volume Air Untuk Foam Generator dan Volume Air Untuk Campuran Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk Campuran | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |

Gambar 2. Tampilan Input

Terdapat beberapa catatan yang perlu diperhatikan ketika menginput data, sebagai berikut:

- a. Pada *Cell E3 user* menginput data jenis semen yang digunakan
- b. Pada *Cell E4 user* menginput data jenis pasir yang digunakan
- c. Pada *cell E5 user* menginput data berat rencana dengan memilih *list* yang telah disediakan.

Langkah-langkah memasukan data-data input adalah menginput data jenis semen pada cell E3, jenis pasir pada cell E4 dan data berat rencana bata ringan pada cell E5 dengan memilih pada list yang telah disediakan. Berat rencana yang diinginkan tidak boleh melebihi berat jenis maksimum bata ringan yaitu 1000 kg/m³ dan tidak boleh lebih kecil dari 600 kg/m³.

3. Selanjutnya, setelah menginput data jenis semen, jenis pasir dan data berat rencana yang akan digunakan, maka akan diberikan dua pilihan yaitu:
 - a. Menentukan Volume Air Untuk Campuran dan Volume Air Untuk *Foam Generator* Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk *Foam* dengan memilih *link* yang terdapat pada *Cell CD 8*
 - b. Menentukan Volume Air Untuk *Foam Generator* dan Volume Air Untuk Campuran Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk Campuran dengan memilih *link* yang terdapat pada *Cell EF 8*

| A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|----------------------------|---|--|-------------------|---|
| 1 | HALAMAN DEPAN MODUL KOMPUTER | | | | | |
| 2 | PROGRAM KOMPUTER UNTUK MIX DESIGN BATA RINGAN CLC | | | | | |
| 3 | 1 | Jenis semen yang digunakan | | Kupang | | |
| 4 | 2 | Jenis pasir yang digunakan | | Takari | | |
| 5 | 3 | Berat Rencana | | 800.00 | kg/m ³ | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | Menentukan Volume Air Untuk Campuran dan Volume Air Untuk Foam Generator Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk Foam | | | Menentukan Volume Air Untuk Foam Generator dan Volume Air Untuk Campuran Berdasarkan Boros, Sedang atau Hematnya Ukuran Air Untuk Campuran | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |

Gambar 3. Tampilan Input Menyorot Isian pada Sel EF8

4. Setelah memilih salah satu pilihan pada poin 3 di atas, maka selanjutnya akan menampilkan data-data yang akan di input pada Modul 2.1 ataupun pada Modul 2.2. Berikut akan ditampilkan data yang di *input* pada Modul 2.1.

| A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|----------------------------|---|--------------------------|-----|---|
| 1 | MODUL 2.1 | | | | | |
| 2 | INPUT JENIS FOAM, KUAT TEKAN RENCANA DAN UKURAN AIR UNTUK FOAM | | | | | |
| 3 | 1 | Jenis Foam | | Foam Hijau | | |
| 4 | 2 | Kekuatan yang direncanakan | | 2.25 | MPa | |
| 5 | 3 | Ukuran Air Untuk Foam | | Sedang | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | HASIL/KELUARAN | | | KEMBALI KE HALAMAN DEPAN | | |
| 8 | | | | | | |

Gambar 4. Tampilan Input Modul 2.1

- a. User menginput jenis foam yang akan digunakan pada cell E3
- b. User menginput kekuatan yang direncanakan pada cell E4
- c. User menginput ukuran air untuk foam pada cell E5

Setelah menginput ketiga data tersebut, maka modul akan memberikan dua pilihan yaitu Hasil/Keluaran dengan memilih link pada cell CD 7 atau kembali ke halaman depan modul dengan memilih link pada cell EF 7 yang telah disediakan pada modul. Jika memilih kembali ke halaman depan, maka modul akan kembali ke halaman depan dan ketika memilih hasil/keluaran.

5. Selanjutnya modul akan menampilkan Hasil/Keluaran dari Perhitungan yang telah dilakukan. Data hasil/keluaran akan ditampilkan pada gambar berikut:

| A | B | C | D | E | F | G |
|----|--------------------------|---------------------------------|---|---------------|----------------|---|
| 1 | MODUL 2.1 | | | | | |
| 2 | HASIL/KELUARAN | | | | | |
| 3 | 1 | Volume Pasir | | 0.18 | m ³ | |
| 4 | 2 | Volume Semen | | 0.11 | m ³ | |
| 5 | 3 | Volume Air Untuk Campuran | | 44.22 | Liter | |
| 6 | 4 | Volume Air Untuk Foam Generator | | 13.33 | Liter | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | KEMBALI KE INPUT | | | HASIL LENGKAP | | |
| 9 | KEMBALI KE HALAMAN DEPAN | | | | | |
| 10 | | | | | | |

Gambar 5. Penampilan Data Hasil/Keluaran

- a. Data hasil volume pasir dapat dilihat pada cell E3
- b. Data hasil volume semen dapat dilihat pada cell E4
- c. Data volume air untuk campuran dapat dilihat pada cell E5, di mana pada cell F5 user dapat memilih volume air untuk campuran dalam liter ataupun m³
- d. Data volume air untuk foam generator dapat dilihat pada cell E6, di mana pada cell F6 user dapat memilih volume air untuk campuran dalam liter ataupun m³

Setelah mengetahui data-data pada hasil/keluaran, maka selanjutnya modul akan memberikan tiga pilihan yaitu:

- a. Kembali ke input dengan memilih pada link yang telah disediakan pada cell CD 8. Jika memilih kembali ke input maka modul akan kembali menampilkan data-data yang akan di input

| MODUL 2.1 | | | Menentukan Volume air untuk campuran | | 1 m ³ |
|-------------|---|---------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|
| INPUT | 1 | Volume Semen Rencana | | 0.11 | m ³ |
| | 2 | Volume Foam Rencana | | 0.33 | Liter |
| | 3 | Jenis Foam | | Foam Hija | |
| | 4 | Kekuatan yang direncanakan | | 2.35 | MPa |
| | 5 | Ukuran Air Untuk Foam | | Sedang | |
| INTERMEDIER | 1 | Faktor Air Semen yang digunakan | | 0.41 | |
| | 2 | Faktor Air Foam yang digunakan | | 0.03 | |

Gambar 6. Penampilan Data Lengkap Hasil Keluaran

- a. Hasil lengkap dengan memilih pada *link* yang telah disediakan pada *cell* EF 8. Jika memilih hasil lengkap maka modul akan menampilkan data lengkap perhitungan untuk modul. Tampilan modul untuk hasil lengkap dapat dilihat pada gambar di atas.
- b. Kembali ke halaman depan dengan memilih pada *link* yang telah disediakan pada *cell* CDEF 9. Jika memilih kembali ke halaman depan maka modul akan kembali ke halaman depan modul. Setelah kembali ke halaman depan, *user* dapat kembali memilih pada *link* yang akan menampilkan data *input* pada modul 2.2 yang selanjutnya akan diberikan pilihan untuk mengetahui hasil/keluaran dari perhitungan modul 2.2.

Modul komputer ini secara keseluruhan ditampilkan pada Lampiran 1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dibahas pada bab IV, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam menanggapi masalah belum adanya tata cara rancangan campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) didunia konstruksi, maka penelitian ini telah dilakukan dengan bertujuan untuk membuat tata cara rancangan campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dan menyajikannya dalam bentuk modul komputer.
2. Dalam penelitian ini telah berhasil dibuat tata cara rancang campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC), yang terdiri atas tiga bagian, di mana langkah-langkahnya dapat dilihat pada Lampiran 8 langkah-langkah dalam menentukan volume pasir dan volume semen, menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk foam generator berdasarkan boros, sedang atau hematnya ukuran air untuk foam, menentukan volume air untuk foam generator dan volume air untuk campuran berdasarkan boros, sedang atau hematnya ukuran air untuk campuran.
3. Tata cara rancangan campur bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) tersebut telah dibuat kedalam bentuk modul komputer yang terdiri atas tiga bagian modul, yaitu
 - a. Modul 1 dengan judul menentukan volume pasir (V_s) dan volume semen (V_c) untuk pembuatan 1 m^3 rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) yang bertujuan untuk membantu *user* dalam menentukan volume pasir (V_s) dan volume semen (V_c).
 - b. Modul 2.1 dengan judul menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk *foam generator* dalam pembuatan 1 m^3 rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk *foam* yang bertujuan untuk menentukan volume air untuk campuran dan volume air untuk *foam generator* berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk *foam*.
 - c. Modul 2.2 dengan judul menentukan volume air untuk *foam generator* dan volume air untuk campuran dalam pembuatan 1 m^3 rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk campuran yang bertujuan untuk menentukan volume air untuk *foam generator* dan volume air untuk campuran berdasarkan boros, sedang atau hematnya volume air untuk campuran.

SARAN

Beberapa saran terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini baru dilakukan untuk membuat tata cara rancangan campur bata ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC), sehingga dianjurkan agar dilakukan penelitian yang sama untuk bata ringan jenis *autoclaved aerated concrete* (AAC).
2. Dalam perhitungan pada modul 2.1 dan modul 2.2 terdapat beberapa kombinasi yang mendapatkan hasil di luar rentang, sehingga disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan yang meliputi rentang kekuatan yang lebih jauh sehingga bisa dibuat modul yang mencakup hasil di luar rentang tersebut.
3. Pada penelitian ini pengaruh gradasi pasir tidak ditinjau, sehingga disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh gradasi pasir terhadap tata cara rancangan campur untuk membuat bata ringan jenis *Cellular Lightweight Concrete* (CLC).
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan taraf reliabilitas dari modul penelitian ini.
5. Modul penelitian ini perlu dibuat untuk lebih mudah digunakan dengan menggunakan *microsoft excel macro* atau aplikasi lainnya.

Daftar Pustaka

- Asrial dan Harijono. 2019. *Serat Lontar Sebagai Bahan Tambahan Pada Agregat Bata Beton Pejal*. Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana Vol. 13, No 1, Edisi Mei 2019(Asrial & Harijono, 2019)
- Badan Standar Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002 (*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*). Jakarta: BSN (Badan Standardisasi Nasional, 2002)
- Badan Standar Nasional. 2002. SNI 03-3449-2002 (*Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*). Jakarta: BSN(SNI 03-3449-2002, 2002)
- Badan Standar Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004 (*Semen Portland*). Jakarta: BSN(SNI 15-2049-2004, 2004)
- Badan Standar Nasional.2000. SNI 03-2834-2000 (*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*). Jakarta: BSN(SNI 03-2834-2000, 2000)
- Bhala, V.K. 2021. *Uji Kuat Tekan Beton Normal dan Mortar Menggunakan Agregat Ndora dan Agregat Aesesa Kabupaten Nagekeo*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Kupang
- Defenisi bata ringan dan Perbedaan bata ringan AAC dan CLC (Online).
<http://mesinbata.co.id>. Diakses 26 Februari 2021
- Maryoto, A. 2008. *Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar*. Jurnal Teknik Sipil Perencanaan, Vol 10, No 2.(Maryoto, 2008)
- Ngabdurrochman. 2009. *Makalah Teknologi Beton Ringan*. From <http://gie713.blogspot.com/2009/10/makalah-teknologi-betonngabdurrochman.html?m=1>. Diakses 21 September 2019
- Pah, J. J. S., Tulle, P. M., Bella, R. A., & Sina, D. A. T. (2022). HUBUNGAN FAKTOR AIR-SEMEN DAN FAKTOR AIR-FOAM TERHADAP KUAT TEKAN DAN BERAT VOLUME BATA RINGAN CLC. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 119-132. Retrieved from <https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/524>
- Parimbaha, M. 2018. *Kuat Tekan Beton Normal dan Mortar Menggunakan Agregat Umalulu*. Jurnal Teknik Sipil, Vol.VII, No. 2, September 2018(Hunggurami, Bunganaen, Parimbaha, & Tekan, 2018)

- Silviati, S. 2016. *Pengaruh Lama Waktu Pencampuran Terhadap Mutu Beton*. Jurnal Kalibrasi-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri, Vol 11(A.W. Rieska, Warizman, dan Sumardi, 2016)
- Tansajaya, A dan Nadia, K. 2008. *Studi Pembuatan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Menggunakan Beberapa Foaming Agent*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Udiana, I. M. 2013. *Desain Campuran Air dan Semen Pada Pekerjaan Grouting Proyek Bendungan/Waduk Nipah Madura_Jawa Timur*. Jurnal Teknik Sipil Vol. II. No. 2, September 2013(Sipil, 2013)

Lampiran 1 : Modul Komputer Tata Cara Rancang Campur Bata Ringan CLC

Tautan untuk mengunduh Modul Komputer: Tata Cara Rancang Campur Bata Ringan CLC:

https://drive.google.com/drive/folders/1DKHRZ0b1tNaG9f9z_U4MVU92rQLkazzf?usp=sharing