

**ANALISA PENGGUNAAN FOAM AGENT SEBAGAI BAHAN
DASAR PEMBUATAN BATA RINGAN
(PENELITIAN)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Memenuhi Syarat Menempuh Ujian Sarjana
Teknik Sipil*

DANIEL PARTOGI SIAGIAN

12.811.0035



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2016

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PENGGUNAAN FOAM AGENT SEBAGAI BAHAN
DASAR PEMBUATAN BATA RINGAN
(PENELITIAN)
SKRIPSI

Dicusun oleh :

DANIEL PARTOGI SIAGIAN

12.011.0035

Disetujui :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. NURMAIDAH, MT.


Ir. MELLO/KEY ARDAN, MT

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dekan Program Studi Teknik Sipil


Prof. Dr. DADAN RAMDAN, M.Eng, M.Sc


Ir. KAMALUDDIN LUBIS, MT

Tanggal Lulus : 5 Desember 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, September 2016



Daniel P. Siagian

12.811.0035

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan terhadap bata ringan merupakan salah satu hal yang penting untuk dikembangkan dan diteliti lebih lanjut. Tetapi dalam penelitian perlu adanya pemilihan bahan-bahan yang akan digunakan, karena penelitian bata ringan sangat bergantung kepada pemilihan bahan yang tepat. Bata ringan yang dihasilkan juga harus sesuai dengan kebutuhan, spesifikasi teknis dan daya tahan yang kuat, pemakaiannya dalam konstruksi dan juga ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan bahan-bahan yang dapat digunakan dalam proses pembuatan bata ringan, dan dengan variasi-variasi jumlah *foam agent* yang berbeda. Peneliti menggunakan variasi standar yang disajikan *NEOPOR* yang selanjutnya digunakan sebagai acuan *mix-design* dan penambahan campuran 30% untuk sampel 2 dan 60% untuk sampel 3.

Pada penelitian ini penulis menggunakan bahan *foaming agent* dalam campuran beton yang akan membuat beton menjadi ringan. Hal ini dapat dilihat dalam pembuatan benda uji kubus bata ringan. Pada komposisi semen: pasir: foam: air sebesar 1: 1,25: 0,004: 0,53 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 14,254 kg/cm² dengan berat rata-rata 2,5102 kg; Pada komposisi semen: pasir: foam: air sebesar 1,3: 1,625: 0,0052: 0,689 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 10,21 kg/cm² dengan berat rata-rata 2,213 kg; Pada komposisi semen: pasir: foam: air sebesar 1,6: 2,0: 0,0064: 0,84 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 6,561 kg/cm² dengan berat rata-rata 2,079 kg.

Dari penelitian yang dilakukan, maka penulis dapat menghasilkan bata ringan yang dapat memenuhi standar kuat tekan yang dijadikan acuan menurut tjokrodinuljo yaitu pada nilai density 240-800 kg/m³ kuat tekan bata ringan berkisar 0,35-7 Mpa (3,569- 71 kg/cm²).

Kata kunci : bata ringan, *foaming agent*, NEOPOR, kuat tekan, *mix-design*.

ABSTRACT

Research conducted on lightweight brick is one of the things that need to be developed and researched further. But in studies need for election materials to be used, because the light brick research relies heavily on the selection of appropriate materials. Light brick produced must also comply with the requirements, technical specifications and durability, its use in construction and also environmentally friendly. This study aims to present materials that can be used in the manufacture of lightweight brick, and with different variations and also examines the characteristics of light brick. Researchers used a standard variation presented Neopor which is then used as a reference mix-design and the addition of a mixture of 30% for sample 2 and 60% for 3 samples.

In this study, the authors use a foaming agent material in the concrete mixture that will make the concrete lighter. This can be seen in the manufacture of lightweight brick cube specimen.

On the composition of cement: sand: foam: water 1: 1.25: 0.004: 0.53 generate an average compressive strength of 14.254 kg / cm² with an average weight of 2.5102 kg; On the composition of cement: sand: foam: water of 1.3: 1.625: 0.0052: 0.689 generate an average compressive strength of 10.21 kg / cm² with an average weight of 2,213 kg; On the composition of cement: sand: foam: water of 1.6: 2.0: 0.0064: 0.84 resulted in an average compressive strength of 14.254 kg / cm² with an average weight of 2,079 kg.

By this research the author can produced brick light that can meet the standards of the compressive strength of the referenced according tjokrodumuljo that the density value of 240-800 kg / m³ light brick compressive strength ranges from 0.35 to 7 MPa (3,569- 71 kg / cm²).

Keywords: lightweight bricks, foaming agent, Neopor, compressive strength, mix-design.

KATA PENGANTAR

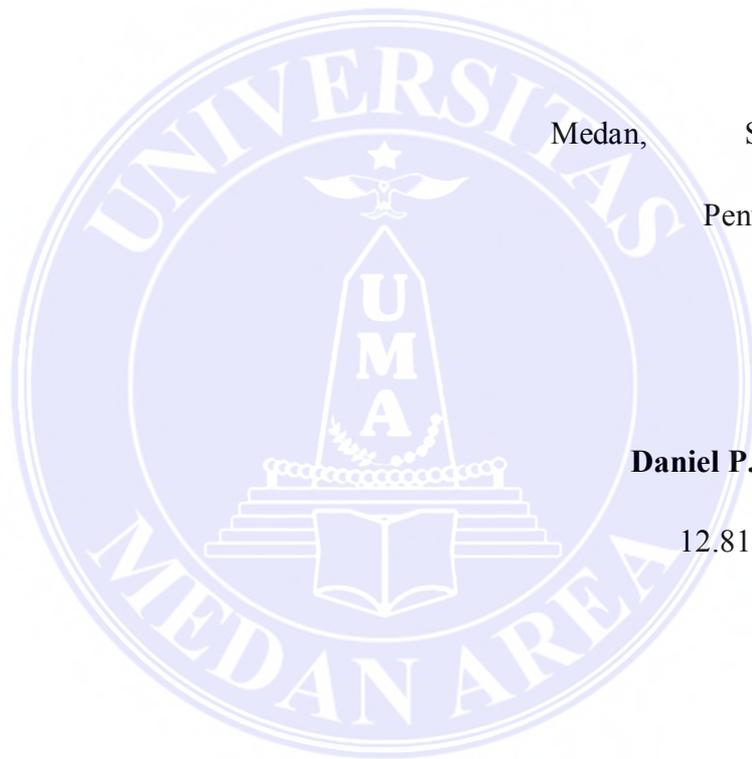
Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang diberi judul : **“Analisa Penggunaan Foam Agent Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bata Ringan (Penelitian)”** skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan semua pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan, motivasi dan doa yang diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area, terutama kepada :

- Bapak Prof. Dr. H.A.Ya’kub Matondang M.A, Sebagai Rektor Universitas Medan Area.
- Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Sebagai Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area
- Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, Sebagai Kaprodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area
- Ibu Ir. Nurmaidah, MT, Sebagai Dosen Pembimbing I
- Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT, Sebagai Pembimbing II
- Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area

- Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Saudara dan teman yang telah banyak memberikan bantuan moril maupun materil serta doa yang tiada henti untuk penulis.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melindungi dan memberikan rahmat kasih sayang-Nya kepada kita semua. Amin.



Medan, September 2016

Penulis

Daniel P. Siagian

12.811.0035

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Permasalahan	4
1.4. Pembatasan Masalah	4
1.5. Kerangka Berpikir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Pengklasifikasian Beton	10
2.3. Beton Ringan (<i>Light-weight Concrete</i>)	13
2.4. Pengelompokan Beton Ringan	13
2.5. Bata Ringan	15
2.6. Bahan Dasar Bata Ringan	17
2.6.1. Semen	18
a. Semen Non-Hidrolik	18
b. Semen Hidrolik	20
c. Semen Portland	21
2.6.2. Pasir	25
2.6.3. Air	28
2.6.4. Foam Agent	28
2.7. Spesifikasi Bata Ringan	30

BAB III METODELOGI PENELITIAN	32
3.1. Lokasi Penelitian	32
3.2. Data Teknik Penelitian	32
3.1.1. Bahan-bahan yang digunakan	32
3.1.2. Alat-alat yang digunakan	38
3.3. Proses Pembuatan bata ringan	39
3.4. Acuan campuran Beton (Mix-Design)	40
BAB IV PEMBAHASAN	42
4.1. Kuat Tekan Kubus Bata Ringan	42
4.1.1. Bata ringan dengan komposisi foam 0% dengan menggunakan variasi acuan mix desain NEOPOR (<i>Sampel N ; SN</i>)	42
4.1.2. Bata Ringan dengan komposisi foam sesuai acuan Mix desain NEOPOR (<i>sample 1</i>)	44
4.1.3. Bata Ringan dengan komposisi campuran dinaikkan 30 % dari Mix desain NEOPOR (<i>sample 2</i>)	46
4.1.4. Bata Ringan dengan komposisi campuran dinaikkan 60 % dari Mix desain NEOPOR (<i>sample 3</i>)	48
4.2. Diagram Variasi Nilai kuat Tekan Bata Ringan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN-LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1. Kelas dan mutu Beton menurut PBI 1971 N.1.-2	11
2.2. Komposisi semen Portland Type 1	21
2.3. Komposisi semen portland Type II	21
2.4. Komposisi semen portland Type III	22
2.5. Komposisi semen portland Type IV	23
2.6. Komposisi semen portland Type V	23
3.1. Tabel data berat jenis pasir	33
3.2. Tabel data air serapan pasir	34
3.3. Tabel data kandungan lumpur	35
3.4. Tabel data berat isi pasir	36
3.5. Rekomendasi mix desain untuk 1m ³ bata ringan oleh NEOPOR	40
3.6. Tabel variasi campuran bahan bata ringan	40
3.7. Tabel kebutuhan bahan (kg)	40
4.1. Kuat Tekan Kubus <i>Sample N</i> Bata ringan pada campuran <i>Semen (1): Pasir (1,25): Foam (0,00): Air (0,53) dengan</i> <i>nilai fas = 0,5 Umur 28 Hari dengan W/C Ratio = 0,5</i>	44
4.2. Kuat Tekan Kubus <i>Sample 1</i> Bata ringan pada campuran <i>Semen (1): Pasir (1,25): Foam (0,004): Air (0,53) dengan</i> <i>nilai fas = 0,53 Umur 28 Hari dengan W/C Ratio = 0,53</i>	46
4.3. Tabel kuat tekan Bata ringan Sampel 2 campuran <i>Semen (1,3): Pasir (1,625): Foam (0,0052): Air (0,689) dengan</i> <i>nilai fas = 0,5</i>	48

- 4.4. Kuat Tekan Kubus Bata ringan sampel 3 pada campuran
Semen (1,6): Pasir (2): Foam (0,0064): Air (0,84) dengan
nilai fas = 0,5 Umur 28 Hari dengan W/C Ratio = 0,5 50



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1.1. Diagram Kerangka Berpikir	5
2.1. Spesifikasi bata ringan secara umum	30
3.1. Gambar diagram Alir penelitian	39
4.1. Diagram kuat tekan bata ringan sampel 1 campuran Semen (1): Pasir (1,25): Foam (0,0): Air (0,53) dengan nilai fas = 0,5	45
4.2. Diagram kuat tekan Bata ringan Sampel 1 campuran <i>Semen (1): Pasir (1,25): Foam (0,004): Air (0,53)</i> <i>dengan nilai fas = 0,53</i>	47
4.3. Diagram kuat tekan Bata ringan Sampel 1 campuran <i>Semen (1,3): Pasir (1,625): Foam (0,0052): Air (0,689)</i> <i>dengan nilai fas = 0,5</i>	49
4.4. Diagram kuat tekan Bata ringan Sampel 3 campuran <i>Semen (1,6): Pasir (2): Foam (0,0064): Air (0,84)</i> <i>dengan nilai fas = 0,5</i>	51
4.5. Diagram Perbedaan Kuat Tekan sampel Normal, 1, 2 dan 3	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era yang semakin maju dan Semakin berkembangnya teknologi juga standar pekerjaan juga produktifitas pengerjaan dalam bidang konstruksi mendorong kita untuk meningkatkan mutu pekerjaan serta bahan yang dipergunakan untuk mencapai hasil yang optimal. Yang dibutuhkan saat ini adalah proses produksi dan konstruksi yang semakin cepat dalam pelaksanaan tetapi tetap lebih kuat dari bahan sebelumnya.

Tak bisa dipungkiri setiap hari akan ada penemuan- penemuan baru yang hadir dalam bidang konstruksi dengan menemukan berbagai metode baru dan pemakaian bahan baru. Itu yang semakin memacu penulis untuk ikut serta dalam perkembangan zaman yang semakin cepat.

Salah satu bidang yang menjadi perhatian bagi penulis adalah bagian partisi gedung atau bahan bata, bata semakin berkembang pesat baik dalam penggunaan bahan bahkan metode pembuatan yang baru. Penulis memutuskan untuk memilih menyoroti bidang pembuatan bata ringan atau yang biasa disebut Hebel. Tetapi Hebel pada dasarnya berbeda dengan bata merah dimana bata ringan (Hebel) dibuat dengan campuran beton sedangkan bata merah dibuat dengan bahan tanah liat.

Pada dasarnya beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan semen sebagai pengikat. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air.

Secara garis besar beton dibagi dalam 3 kelas berdasarkan berat jenisnya :

1. *Normal-Weight Concrete* yaitu beton dengan massa jenis sekitar 2400 kg/m^3
2. *Light-Weight Concrete* yaitu beton dengan massa jenis sekitar 1800 kg/m^3
3. *Heavy-Weight Concrete* yaitu beton dengan massa jenis sekitar 3200 kg/m^3

Penerapan penggunaan *Normal-Weight Concrete* biasanya sebagai bahan bangunan atau gedung. *Light-Weight Concrete* umumnya digunakan sebagai dinding ataupun atap bangunan gedung. *Heavy-Weight Concrete* biasanya dipergunakan untuk pembangunan struktur bangunan tinggi, jembatan atau *flyover*.

Beton Ringan sejauh ini hanya diaplikasikan sebagai partisi, lebih tepatnya penggunaannya dilakukan pada bagian dinding bangunan yang membuatnya disebut menjadi bata ringan. Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis: *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* dan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. CLC sering disebut juga sebagai *Non-Autoclaved Aerated Concrete (NAAC)*.

Bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) diganti dengan gelembung udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang kurang stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, *foam*/ busa berfungsi hanya sebagai media untuk membungkus udara.

Foaming agent adalah adiktif pembuat busa yang banyak digunakan dalam industri beton ringan atau bata ringan. Penggunaan adiktif jenis ini biasa

dicampurkan dengan air dengan perbandingan 1 banding 40. Foam yang baik adalah foam yang tidak mudah pecah dan bentuk bulatannya seragam.

CLC sama halnya dengan beton konvensional yang dimana kekuatannya akan bertambah seiring dengan waktu melalui udara dan suhu sekitarnya saja. Tetapi pada dasarnya CLC tidak menawarkan penurunan berat yang signifikan dibandingkan bata ringan AAC.

Latar belakang penelitian ini adalah karena penulis ingin menciptakan bata ringan sehingga suatu saat dapat menjadi acuan baru dalam pembuatan dan industri bata ringan . Penulis mengharapkan penelitian ini dapat menghasilkan campuran yang baik dengan menggunakan bahan alternatif atau bisa disebut tidak biasa digunakan dalam produksi bata ringan pada umumnya.

Dalam penelitian kali ini akan dibahas tentang Beton Ringan (*Light-Weight Concrete*) terutama Bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) yang menggunakan foam agent sebagai bahan penyusunnya dimana masih jarang penggunaannya dalam pekerjaan pembangunan konstruksi dan biasanya hanya sebagai partisi atau bahan penyusun dinding, dan dengan mengangkat penelitian ini diharapkan mendapatkan campuran optimum untuk menghasilkan bata ringan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah membuat campuran beton ringan (*Light-Weight Concrete*) dengan menggunakan Foam Agent.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh bahan-bahan penyusun, Campuran Beton (*mix-design*) *Light-Weight Concrete* yang dapat memenuhi Spesifikasi normal dengan nilai kuat tekan minimal 0,35 Mpa-7Mpa (3,569- 71 kg/cm²) (Tjokrodimuljo,1996)

1.3 Permasalahan

Dinding merupakan suatu komponen bangunan yang menjadi beban mati terhadap balok dan kolom. Salah satu material penyusun dinding adalah bata, yang memberikan beban terbesar pada balok dan kolom.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu bagaimana mengurangi beban yang diberikan bata konvensional dengan memanfaatkan kelebihan-kelebihan dari beton ringan agar dapat diaplikasikan dan dimanfaatkan sebagai bata beton ringan dan juga cara pembuatan bata ringan.

Untuk dapat menjawab permasalahan diatas digunakan penganalisaan terhadap 60 buah sampel dengan kandungan bahan dasar foam agent yang berbeda yang akan dihitung berat dan berat jenisnya. Komposisi tersebut dibuat dari Semen, Pasir, dan Foam Agent.

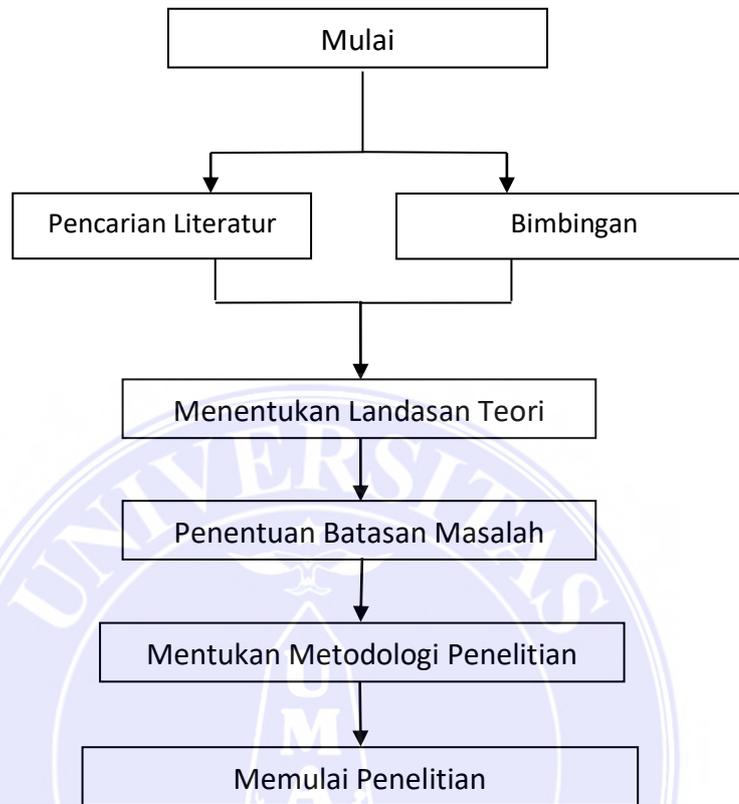
1.4 Pembatasan Masalah

Untuk mendapatkan suatu sasaran yang terarah dan jelas dimana penulisan skripsi ini mempunyai beraneka ragam aspek dan saling berhubungan satu sama lain maka perlu diadakan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

- 1) Menentukan bahan-bahan yang akan dipakai untuk menjadi campuran bata ringan CLC,
- 2) Menentukan campuran beton (Mix Design) yang tepat (campuran foam agent) untuk rancangan campuran bata ringan CLC.
- 3) Perbandingan Berat dan Volume beton ringan yang tidak menggunakan foam agent dengan Beton ringan yang menggunakan foam agent.

1.5 . Kerangka Berpikir

Adapun kerangka berpikir yang penulis gunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1.1. Diagram kerangka berpikir

A. Pengambilan data-data

Dalam pengambilan data-data yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini yaitu data-data yang diambil dari data lapangan (lokasi penelitian) dan dari perencanaan campuran beton (Mix Design)

B. Pengelompokan data.

Data yang telah diperoleh dikelompokkan berdasarkan bidang dan cakupan di lapangan seperti data hasil campuran Beton (mix design) dan nilai kuat tekan beton.

C. Pengolahan Data.

Dari data-data yang diperoleh dari laboratorium maupun perencanaan mix-desain kemudian dianalisa berdasarkan tinjauan pustaka. Dari hasil analisa ini dibuat suatu kesimpulan yang menjadi maksud dan tujuan penulisan skripsi untuk mendapatkan mix desain yang tepat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Nawy mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing-masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana (*engineer*) dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi. (Tri Mulyono, 2004)

Penggunaan beton secara masif diawali pada permulaan abad 19 dan merupakan awal era beton bertulang. Pada tahun 1801, F.Coignet menerbitkan tulisannya mengenai prinsip-prinsip konstruksi dengan meninjau kelembaban bahan beton terhadap taruknya. Pada tahun 1850, J.L. Lambot untuk pertama

kalinya membuat kapal kecil dari bahan semen untuk dipamerkan dalam Expo tahun 1855 di Paris. J.Moiner, seorang ahli taman dari Prancis mematenkan rangka metal sebagai tulangan beton untuk mengatasi taruknya yang digunakan untuk tanamannya. Pada tahun 1886, Koenen menerbitkan tulisan mengenai teori dan perancangan struktur beton. C.A.P Turner mengembangkan pelat slab tanpa balok tahun 1906.

Beton adalah komponen yang digunakan dalam berbagai aspek bangunan yang bekerja secara bersama-sama dan saling mengikat sehingga dapat menopang beban bangunan secara menyeluruh.

Beton dalam penggunaannya juga memiliki kekurangan dan kelebihan. Berikut dipaparkan kelebihan dan kekurangan dari Beton. Kelebihan beton Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, Mampu memikul beban yang berat, Tahan terhadap temperatur yang tinggi, Biaya pemeliharaan yang kecil. Sedangkan Kekurangan beton, Bentuk yang telah dibuat sulit diubah, Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, cenderung Berat, Daya pantul menghasilkan suara yang besar (Tri Mulyono, 2004) . Kelebihan beton adalah dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain itu beton juga memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang murah.

Sedangkan kekurangannya adalah bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan. Pada struktur beton, jika ingin dilakukan penghancuran maka akan mahal karena tidak dapat dipakai lagi. Perusakan pada beton juga akan

mempengaruhi kekuatan struktur itu sendiri sehingga penghancuran atau pengerusakan beton sangat membutuhkan perhatian dan perhitungan khusus.

Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :
Jenis dan kualitas semen yang sangat mempengaruhi kekuatan dan daya tahan beton, karena semen merupakan salah satu bahan dasar pembentuk beton dan bahan inti pengikat bahan lainnya agar membentuk ikatan beton, jenis dan bentuk bidang permukaan agregat juga dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton karena dengan semakin halus atau rataanya permukaan agregat maka ikatan antara sesama agregat akan mudah terurai, sebaliknya jika permukaan agregatnya kasar (tidak beraturan) maka dipastikan ikatan antara agregat akan semakin baik karena membutuhkan gesekan yang kuat untuk dapat mengurai agregat dengan permukaan kasar, Berikutnya adalah perawatan, perawatan yang dimaksud adalah bagaimana beton diperlakukan pada masa pengerasan dan pada masa pencapaian nilai kuat tekhn beton yang diinginkan, jika perawatan yang dilakukan salah maka nilai kuat tekan Beton yang diinginkan akan susah di capai, beton membutuhkan perawatan dikarenakan proses pengerasan yang memakan waktu hingga maksimum 28 hari. selanjutnya adalah suhu dan umur, suhu berpengaruh pada saat masa perawatan, suhu yang baik akan membantu beton dalam proses pengerasannya, perawatan yang baik pada beton di masa pengerasannya adalah dengan merendamnya ke air dengan suhu normal untuk menjaga kestabilan jumlah air dalam beton, menjaga keretakan dan menjaga agar beton tetap dalam suhu yang diinginkan sampai umur maksimum 28 hari.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun lemah dalam tariknya. Jika struktur itu langsung jika tidak diberi perkuatan yang cukup akan mudah gagal. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tariknya sekitar 5%-9% kuat tekannya. Maka dari itu perkuatan sangat diperlukan dalam struktur beton. Perkuatan yang umum adalah dengan menggunakan tulang baja yang jika dipadukan sering disebut dengan beton bertulang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor : Jenis dan kualitas semen, Jenis dan tekstur permukaan agregat dimana Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai, Perawatan, Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji. Suhu juga mempengaruhi kekuatan beton, Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama. Terakhir adalah faktor Umur, karena Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah seiring dengan bertambahnya umur.

2.2. Pengklasifikasian Beton

Seiring Perkembangan dan seiring pemakaian yang beragam dari beton, maka beton dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan berat jenis dari beton tersebut. Beton diklasifikasikan guna mempermudah dalam pembuatannya

dan penggunaannya di lapangan maupun kebutuhan laboratorium. Dengan adanya pengelompokan atau pengklasifikasian akan mempercepat proses pengerjaan analisa dan proses perencanaan pekerjaan.

Beton dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan berat jenisnya yaitu, beton Berat, beton sedang dan beton ringan. Beton dapat pula dibedakan berdasarkan material pembentuknya dan kegunaan strukturnya. Beton jenis lain pada prinsipnya sama dengan beton normal, yang membedakan adalah material tambahan yang digunakan. Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang mempunyai kepadatan seperti yang diinginkan. Agregat ringan akan membentuk beton dengan berat volume ringan.

Pada umumnya pengelompokan beton terbagi atas beberapa kategori :

1. Berdasarkan berat satuan (SNI 03-2847-2002)
 - a. Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
 - b. Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
 - c. Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

Standart Nasional Indonesia (SNI) tidak menggolongkan beton berat, namun pada umumnya beton dengan berat satuan di atas 2.500 kg/m^3 dikategorikan beton berat, walaupun ada yang menerapkan nilai 3.200 kg/m^3 sebagai batas bawah beton berat.

Beton yang berat satuannya berada di antara kategori di atas pada umumnya tidak efektif perbandingan berat sendiri dan kekuatannya, walaupun tidak ada larangan untuk membuat beton dengan berat satuan di antara $1.900 \text{ kg/m}^3 - 2.200 \text{ kg/m}^3$.

2. Berdasarkan kuat tekan karakteristik (PBI 1971 N.I.-2)
 dari benda uji kubus (15 cm x 15 cm x 15 cm)

Tabel 2.1. Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ' bk	Σ' bm (kg/cm ²)	Pemakaian	Pengawasan	
		(kg/cm ²)	dengan Sd= 46 (kg/cm ²)		Mutu Agregat	Kuat Tekan
I	B0	-	-	non struktur	Ringan	-
II	B1	-	-	struktur	Sedang	-
	K-125	125	200	struktur	Ketat	Kontinyu
	K-175	175	250	struktur	Ketat	Kontinyu
	K-225	225	300	struktur	Ketat	Kontinyu
III	di atas K-225	di atas 225	di atas 300	struktur	Ketat	Kontinyu

Sumber : PBI 1971 N.I.-2

3. Berdasarkan kuat tekan (SNI 03-6468-2000, ACI 318, ACI 363R-92)
 dari benda uji silinder (dia. 15 cm, tinggi 30 cm)
- Beton **mutu rendah** (low strength concrete) : $f_c' < 20$ MPa (250 kg/cm²)
 - Beton **mutu sedang** (medium strength concrete) : $f_c' = 21$ MPa – 40 MPa (500 kg/cm²)
 - Beton **mutu tinggi** (high strength concrete) : $f_c' \geq 41$ MPa (500 kg/cm²)

4. Berdasarkan Pembuatan

Dari cara pembuatannya, beton pada umumnya dikelompokkan : Beton cast in-situ, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau

infrastruktur. dan Beton pre-cast, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.

2.3. Beton Ringan (*Light-weight Concrete*)

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (density) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan agregat ringan (fly ash, batu apung, expanded polystyrene, dll), campuran antara semen, silika, pozolan, dll, atau semen dengan kimia penghasil gelembung udara.

Pembuatan beton ringan dengan pemakaian agregat ringan dimulai sejak munculnya agregat ringan yang dibuat dari proses pembakaran *shale* dan *clays* pada tahun 1917 oleh S.J. Hayde. Pemakaian beton ringan pertama kali diperkenalkan di Amerika pada Perang Dunia I (1917) oleh perusahaan Emergency Fleet Building, dengan memakai *aggregate expanded shale*, dan dipakai untuk konstruksi kapal serta perahu. Beton ringan bertulang tersebut mempunyai kekuatan 34,47 Mpa dan berat isi 1760 kg/m³.

2.4. Pengelompokan Beton Ringan

Beton ringan dapat dibagi lagi dalam tiga golongan berdasarkan tingkat kepadatan dan kekuatan beton yang dihasilkan dan berdasarkan jenis agregat ringan yang dipakai (Prawito, 2010).

Klasifikasi beton ringan adalah sebagai berikut ini :

Beton insulasi (*Insulating Concrete*). Beton ringan dengan berat (*density*) antara 300 kg/m^3 - 800 kg/m^3 dan berkekuatan tekan berkisar $0,69$ - $6,89 \text{ MPa}$, yang biasanya dipakai sebagai beton penahan panas (insulasi panas) disebut juga *Low Density Concrete*. Beton ini banyak digunakan untuk keperluan insulasi, karena mempunyai kemampuan konduktivitas panas yang rendah, serta untuk peredam suara. Jenis agregat yang biasa digunakan adalah *Perlite* dan Vermiculite,

Beton ringan dengan kekuatan sedang (*Moderate Strength Concrete*). Beton ringan dengan berat (*density*) antara 800 kg/m^3 - 1440 kg/m^3 , yang biasanya dipakai sebagai beton struktur ringan atau sebagai pengisi (*fill concrete*). Beton ini terbuat dari agregat ringan buatan seperti: terak (*slag*), abu terbang (*fly ash*), lempung, batu sabak (*slate*), batu serpih (*shale*), dan agregat ringan alami, seperti pumice, skoria, dan tufa. Beton ini biasanya memiliki kekuatan tekan berkisar $6,89$ - $17,24 \text{ MPa}$,

Beton Struktural (*Structural Concrete*). Beton ringan dengan berat (*density*) antara 1440 kg/m^3 - 1850 kg/m^3 yang dapat dipakai sebagai beton struktural jika bersifat mekanik (kuat tekan) dapat memenuhi syarat pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan berkisar $> 17,24 \text{ MPa}$ Untuk mencapai kekuatan sebesar itu, beton ini dapat memakai agregat kasar seperti expanded shale, clays, slate, dan slag.

2.5. Bata Ringan

Beton ringan dengan kekuatan sedang (Moderate Strength Concrete) dalam penerapan dan penggunaannya biasa disebut dengan Bata Ringan yang mana umumnya digunakan sebagai partisi dalam konstruksi bangunan.

Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis: *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* dan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. Perbedaan bata ringan AAC dengan CLC dari segi proses pengeringan yaitu AAC mengalami pengeringan dalam oven autoklaf bertekanan tinggi sedangkan bata ringan jenis CLC yang mengalami proses pengeringan alami. CLC sering disebut juga sebagai *Non-Autoclaved Aerated Concrete (NAAC)*.

Beton ringan AAC ini pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan untuk mengurangi penggundulan hutan. Beton ringan AAC ini kemudian dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman pada tahun 1943. Di Indonesia sendiri beton ringan mulai dikenal sejak tahun 1995, saat didirikannya Pabrikasi AAC di Karawang, Jawa Barat

Bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan. Material pembuatan bata ringan AAC memakai pasir khusus yaitu silika ($> 95\% \text{ SiO}_2$) dan harus digiling sampai ukuran mikro.

Sama halnya seperti pada pembuatan roti pada AAC tingkat ekspansi adonan juga tidak bisa di kontrol secara tepat sehingga biasanya akan

mengembang keluar dari cetakan. Oleh karena itu harus dipotong untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan. Gelembung udara yang relatif banyak memungkinkan dihasilkannya AAC dengan kerapatan yang rendah yaitu sekitar $700 - 800 \text{ kg / m}^3$.

Pada AAC susunan gelembung udara yang terbentuk saling terhubung antara satu sama lainnya, hal ini mengakibatkan air mudah meresap ke dalam beton, oleh karena itu pada pengaplikasiannya harus diberikan perlindungan kedap air seperti plaster kedap air.

Untuk menghasilkan kuat tekan yang cukup proses pengeringan (curing) pada AAC harus menggunakan tabung autoklaf bertekanan tinggi. Namun sayangnya proses curing tersebut menghancurkan proses hidrasi dari semen yang sedang terjadi. Oleh karena alasan ini juga bata ringan AAC harus benar-benar terlindungi dari kelembaban.

Densitas yang rendah dan susunan gelembung udara pada bata ringan AAC mengharuskan penggunaan pen/dowel untuk pemasangan baut/paku pada dinding. Insulasi suara juga kurang untuk densitas yang serupa jika dibandingkan dengan bata ringan CLC yang di curing secara alami.

Ada beberapa Kelebihan dari Beton ringan,yaitu Balok AAC mudah dibentuk. Sehingga dapat dengan cepat dan akurat dipotong atau dibentuk untuk memenuhi tuntutan dekorasi gedung, Alat yang digunakan sederhana, cukup menggunakan alat pertukangan kayu, Karena ukurannya yang akurat tetapi mudah dibentuk, sehingga dapat meminimalkan sisa-sisa bahan bangunan yang tak

terpakai, AAC dapat mempermudah proses konstruksi, Untuk membangun sebuah gedung, dapat meminimalisir produk yang akan digunakan. Misalnya tidak perlu batu atau kerikil untuk mengisi lantai beton. Bobotnya yang ringan mengurangi biaya transportasi. Apalagi pabrik AAC dibangun sedekat mungkin dengan konsumennya. Karena ringan, tukang bangunan tidak cepat lelah. Sehingga cepat dalam pengerjaannya. Waktu pembangunan lebih pendek. Tukang yang mengerjakan lebih sedikit. Sehingga secara keseluruhan bisa lebih murah dan efisien, Tahan panas dan api, karena berat jenisnya rendah, Kedap suara, Tahan lama, kurang lebih sama tahan lamanya dengan beton konvensional, Kuat tetapi ringan, karena tidak sekuat beton, Perlu perlakuan khusus. dibebani AC menggunakan fisher FTP, Wastafel fisher plug FX6/8, panel dinding fisher sistem injeksi, Anti jamur, Tahan gempa, Anti serangga, Biaya perawatan yang sedikit, bangunan tak terlalu banyak mengalami perubahan atau renovasi hingga 20 tahun, Nyaman, Aman. karena tidak mengalami rapuh, bengkok, berkarat, korosi.

2.6. Bahan Dasar Bata Ringan

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan.

2.6.1. Semen

Beton mulai ditinggalkan orang seriring dengan mundurnya kerajaan Romawi. Baru sekitar tahun 1790, J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan dibakar akan mengeras dalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang dibuat bangsa Romawi.

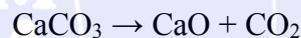
Nama semen Portland (*Portland cement*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824 karena campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah di pulau Portland, dekat pantai Dorset, Inggris. Semen Portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor di Coplay Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak itu semen Portland berkembang dan terus dibuat sesuai kebutuhan.

a. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis dari alam. Kapur telah digunakan selama berabad-abad lamanya sebagai bahan adukan dan plesteran untuk bangunan. Hal tersebut dapat dilihat pada piramida-piramida di Mesir yang dibangun 4500 tahun sebelum masehi. Kapur digunakan sebagai bahan pengikat selama zaman Romawi dan Yunani. Pondasi jalan pada zaman Romawi, termasuk jalan Via Appia, merupakan tanah yang distabilkan dengan kapur. Kini kapur

digunakan dalam bidang pertanian, industri kimia, industri karet, industri kayu, industri farmasi, industri baja, industri gula dan industri semen.

Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu yang mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk kapur tohor (belum berhubungan dengan air) dan akan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika telah berhubungan dengan air. Kapur telah dihasilkan dengan membakar batu kapur atau kalsium karbonat bersama beserta bahan-bahan pengotornya, yaitu magnesium, silikat, besi, alkali, alumina dan belerang. Proses pembakaran dilaksanakan dalam tungku tanur tinggi yang berbentuk vertikal atau tungku putar pada suhu 800-1200o C. Kalsium karbonat terurai menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida dengan reaksi kimia sebagai berikut :

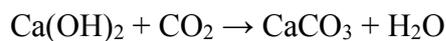


Kalsium oksida yang terbentuk disebut kapur tohor dan jika berhubungan dengan air akan menjadi kalsium hidroksida serta panas. Dengan reaksi kima adalah :



Proses ini dinamakan dengan proses mematikan kapur (*slaking*) dan hasilnya, yaitu kalsium hidroksida, sering disebut sebagai kapur mati. Kecepatan berlangsungnya reaksi terutama bergantung pada kemurnian kapur, sehingga semakin tinggi kemurnian kapur yang bersangkutan makin besar daya reaksinya terhadap air. Kapur mati dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu: Dapat dimatikan dengan cepat, Dapat dimatikan agak lambat, Dapat dimatikan dengan lambat.

Kapur mati dapat didapatkan dengan menambahkan air secukupnya (sekitar sepertiga dari kapur tohor). Dempul kapur diperoleh dengan menambahkan air yang berlebihan pada kapur tohor. Pengikatan kapur terjadi akibat kehilangan air akibat penyerapan oleh batu bata atau akibat penguapan. Proses pengerasan berlangsung akibat reaksi karbondioksida dari udara dengan kapur mati. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Dari reaksi kimia di atas dapat terlihat bahwa akan terbentuk kembali kristal-kristal kalsium karbonat, yang mengikat massa heterogen itu menjadi massa padat. Proses pengerasan ini berjalan lambat dan dapat berlangsung bertahun-tahun sebelum mencapai kekuatan yang penuh. Agar dapat berlangsung, diperlukan aliran udara bebas untuk persediaan karbondioksida yang dapat menembus bagian terdalam dari adukan sehingga proses pengerasan dapat berlangsung menyeluruh. Kapur putih ini cocok untuk menjernihkan plesteran langit-langit, untuk mengapur kamar-kamar yang tidak penting dan garasi, atau untuk membasmi kutu-kutu dalam kandang.

b. Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozollan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan

semen expansif. Contoh lainnya adalah semen prtland putih, semen warna dan semen-semen untuk keperluan khusus

c. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi persyaratan SNI.0013-81 atau standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut (PB.1989:3.2-8).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (SII 0013-81) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Semen Portland Type I

Fungsi semen portland type I digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0, 0% – 0, 10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, perkerasan jalan, struktur rel, dan lain-lain.

Tabel 2.2. Komposisi Semen Portland type I

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate(C3S)	51%
Dicalcium Silicate(C2S)	24%
Tricalcium Aluminate(C3A)	6%
Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	11%
Magnesium Oksida(MgO)	2,9%
Sulfur Trioksida(SO ₃)	2,5%

2. Semen Portland type II

Tabel 2.3. Komposisi Semen Portland type II

Nama Senyawa	Presentase
a. Tricalcium Silicate (C3S)	51%
b. Dicalcium Silicate(C2S)	24%
c. Tricalcium Aluminate(C3A)	6%
d. Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	11%
e. Magnesium Oksida(MgO)	2,9%
f. Sulfur Trioksida(SO ₃)	2,5%
g. <i>0,8% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO</i>	

Fungsi semen portland type II digunakan untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0, 10 – 0, 20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas

tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan.

3. Semen Portland type III

Tabel 2.4. Komposisi Semen Portland type III

Nama Senyawa	Presentase
a. Tricalcium Silicate (C3S)	57%
b. Dicalcium Silicate(C2S)	19%
c. Tricalcium Aluminate(C3A)	10%
d. Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	7%
e. Magnesium Oksida(MgO)	3,0%
f. Sulfur Trioksida(SO3)	3,1%
g. <i>0,9% hilang dalam pembakaran, dan 1,3% bebas CaO</i>	

Fungsi semen portland type III digunakan untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat

4. Semen Portland type IV

Fungsi Semen Portland type IV digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam

gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis.

Tabel 2.5. Komposisi Semen Portland type IV

Nama Senyawa	Presentase
a. Tricalcium Silicate (C3S)	28%
b. Dicalcium Silicate(C2S)	49%
c. Tricalcium Aluminate(C3A)	4%
d. Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	12%
e. Magnesium Oksida(MgO)	1,8%
f. Sulfur Trioksida(SO3)	1,9%
g. <i>0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO</i>	

5. Semen Portland type V

Tabel 2.6. Komposisi Semen Portland type V

Nama Senyawa	Presentase
a. Tricalcium Silicate (C3S)	38%
b. Dicalcium Silicate(C2S)	43%
c. Tricalcium Aluminate(C3A)	4%
d. Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	9%
e. Magnesium Oksida(MgO)	1,9%
f. Sulfur Trioksida(SO3)	1,8%
g. <i>0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO</i>	

Fungsi semen portland type V dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/ air yang mengandung sulfat melebihi 0, 20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

2.6.2. Pasir

Pasir adalah contoh bahan material butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Hanya beberapa tanaman yang dapat tumbuh di atas pasir, karena rongga-rongganya yang besar. Pasir memiliki warna sesuai dengan asal pembentukannya. Pasir juga penting untuk bahan bangunan bila dicampur Semen.

Berdasarkan asal dan sumbernya, pasir dibagi menjadi dua jenis :

1. Pasir Alam , yaitu pasir yang bersumber dari gunung, sungai, pasir laut, bekas rawa dan ada juga dari pasir galian .

Pasir Galian, Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan atau dengan menggali tanah. Pasir jenis ini pada umumnya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam yang membahayakan. Namun karena diperoleh dengan menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pasir Sungai, Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, sehingga umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses

pergesekan. Karena butirannya halus maka baik untuk plester tembok. Namun karena bentuknya yang bulat, daya rekat antar butir pasir ini menjadi agak kurang baik.

Pasir Laut, Pasir ini diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat akibat proses gesekan. Pasir ini banyak mengandung garam, sehingga kurang baik untuk bahan bangunan. Pasir yang mengandung garam akan menyerap kandungan air dari udara, sehingga pasir akan selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

2. Pasir Pabrikasi, yaitu pasir yang didapatkan dari penggilingan bebatuan yang kemudian diolah dan disaring sesuai dengan ukuran maksimum dan minimum agregat halus.

Adapun pasir yang digunakan untuk pembuatan bata ringan adalah pasir yang lolos ayakan (Standart ASTM E 11-70) yang diameternya lebih kecil 5 mm. Penggunaan bahan pasir yang lolos ayakan lebih kecil dari 5 mm adalah untuk mengantisipasi adanya kerapuhan saat kondisi beton kering. Karena pada dasarnya sifat pasir hanyalah sebagai bahan pengisi bukan sebagai bahan perekat. Pasir yang baik untuk digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai dan tidak mengandung tanah lempung karena dapat mengakibatkan retak-retak.

Selain syarat-syarat diatas, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh bahan-bahan yang akan digunakan, sesuai dengan

spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM, yaitu sebagai berikut :

Agregat normal yang dipakai dalam campuran beton sesuai dengan ASTM, berat isinya tidak boleh kurang dari 1200 kg/m³. Untuk Agregat halus: Modulus halus butir 2,3 sampai 3,12. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No.200) dalam persen berat maksimum. Untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3,0%. Untuk beton jenis lainnya sebesar 5%.

Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum 3%. Kandungan arang dan lignit; Bila tampak permukaan beton dipandang penting (beton akan diekspos), maksimum 0,5 %, Beton jenis lainnya, maksimum (1 - 0.5) %. Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO₄) 3%, tidak menghasilkan warna yang lebih tua dibanding warna standar. Jika warnanya lebih tua maka ditolak kecuali ; Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenis, Ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standar silika hasilnya menunjukkan nilai lebih besar dari 95%. Uji kuat tekan sesuai dengan cara ASTM C.87

Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%.

Kekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%

2.6.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membahasi agregat lalu memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Tri Mulyono MT 2003 : 51).

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap berat total campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen (water cement ratio). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

2.6.4. Foam Agent

Foam agent adalah suatu bahan yang terbuat dari larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan

dengan air. Salah satu bahan yang mengandung surfaktan adalah Detergent ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OSO}_3\text{-Na}^+$).

Foam agent merupakan bahan kimia campuran yang berasal dari campuran bahan alami maupun bahan buatan. Foam agent dengan bahan alami berupa protein memiliki kepadatan 80 gram/liter, sedangkan bahan buatan berupa bahan sintetik yang memiliki kepadatan 40 gram/liter.

Foam agent dapat dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan kimia yang sifatnya sebagai pengembang, sama halnya seperti bahan kimia pembuat sabun busa pada sabun. Bahan pengembang busa pada sabun biasanya memakai bahan texapon. Texapon adalah bahan kimia yang mempunyai fungsi salah satunya mengangkat lemak dan kotoran atau zat yang memiliki sifat surfaktan. texapon sudah sangat di kenal dalam industri pembuatan bahan untuk kebersihan seperti cairan pencuci piring, cairan pencuci tangan, shampoo dan lain sebagainya.

Texapon adalah surfaktan buatan yang dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan sabun cair, sampo, dan pasta gigi. Texapon akan beraksi dengan air dan akan menghasilkan busa. Texapon disebut juga *sodium laurilsulfate* ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$).

Foam agent dalam pembuatan bata ringan yang berbahan dasar texapon harus dicampur lagi dengan bahan sikacim agar mudah mengikat dengan bahan mortar beton dan mempercepat proses pengerasan Beton, dengan perbandingan sebagai berikut :

Texapon (1,5L) : Air (40 L)

Sikacim (0,05%) : Texapon + Air (100%)

Tujuan penggunaan bahan foaming agent adalah untuk menambah volume bata ringan tanpa menambah berat dari bata ringan itu sendiri, dengan demikian akan membuat fisik bata ringan dapat dibuat lebih besar dari bata pada umumnya tetapi mempunyai berat yang hampir sama atau bahkan lebih ringan.

Foam Agent saat dicampur dengan kalsium hidroksida yang terdapat pada pasir dan air akan bereaksi sehingga membentuk hydrogen. Gas hydrogen ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran beton tadi. Gelembung-gelembung udara ini menjadikan volumenya menjadi dua kali lebih besar dari volume semula. Di akhir proses pembusaan, hydrogen akan terlepas ke atmosfer dan langsung digantikan oleh udara. Rongga-rongga tersebutlah yang membuat bata beton menjadi ringan menurut ASTM C 796-87A, Tabel 1, Foaming Agents for use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam, banyaknya foaming agent yang digunakan dalam suatu percobaan dapat dihitung dengan rumus ;

$$V_{fa} = \frac{156.62}{(62.4 - W_{uf})} \times \frac{71.0}{(1000 - W_{uf})}$$

Wuf adalah massa jenis foaming agent (kg/m^3). Wuf biasanya berkisar antara 32 sampai 64 kg/m^3 . Vfa adalah volume *foaming agent* yang diperlukan (m^3) : Biasanya $V_{\text{air}}:V_{\text{fa}}$ berkisar 40:1.

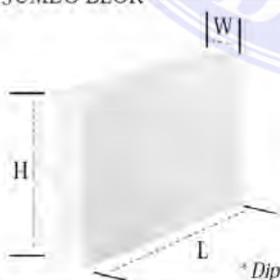
2.7. Spesifikasi Bata Ringan

Bata ringan AAC maupun CLC, dibuat dengan bahan utama semen, pasir, dan air. Keduanya memakai prinsip yang hampir sama, yaitu

menambahkan gelembung-gelembung udara pada campuran beton, sehingga volume beton mengembang dari beton biasa. Otomatis bobotnya akan jauh lebih ringan daripada beton biasa, bahkan bisa mengapung di air. Pada bata ringan AAC digunakan aluminium pasta sebagai pengembang, dan pengerasan dilakukan di dalam bilik yang bertekanan dan bersuhu tinggi. Proses ini biasa diterapkan pada industri skala besar. Sedangkan CLC, menggunakan foam agent yang dicampurkan dengan mixer pada adukan beton untuk memunculkan micro bubble di dalam adukan beton. Proses pendinginan dilakukan pada udara terbuka, sehingga biasa diterapkan pada industri bata ringan skala kecil.

Material bata ringan yang berada di pasaran ada 2 macam, yang berwarna putih dan abu-abu. Perbedaannya terletak pada jenis pasir yang menjadi bahan pembuatnya. Bata ringan yang berwarna putih menggunakan bahan dasar pasir silika yang berwarna putih, sedangkan bata ringan yang berwarna abu-abu menggunakan pasir biasa. Secara perbandingan kekuatan, tidak terlalu jauh berbeda untuk keduanya.

JUMBO BLOK



Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 400
 Tebal, W (mm) : 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250
 Berat jenis kering, (kg/m³) : 490
 Berat jenis normal, (kg/m³) : 550
 Kuat tekan, (N/mm²) : 4.0
 Dimensi per palet (meter) : 1.20 x 1.20

** Diproduksi berdasarkan pesanan dengan volume tertentu.*

TEBAL	Unit	75mm	100mm	125mm	150mm	175mm	200mm	250mm
Volume	M ³	1.73	1.73	1.62	1.73	1.51	1.73	1.44
Jumlah blok per palet	blok	96	72	54	48	36	36	24
Isi / M ³	blok	53.33	40	30	26.67	20	20	13.33
Berat per palet (tanpa palet)	Kg	950	950	891	950	832	950	792
Tinggi kemasan (termasuk palet)	Mtr	1.31	1.31	1.24	1.31	1.16	1.31	1.11
Luas dinding per M ³	M ²	13.33	10	8	6.67	5.71	5	4

Gambar 2.1. Spesifikasi Bata ringan secara umum

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pembuatan Bata ringan dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Pemilihan lokasi praktek didasari karena ketersediaan alat dan lokasi praktik yang mendukung dan akan lebih mudah melakukan pengujian terhadap benda uji yang akan dibuat secara langsung tanpa adanya proses pemindahan tempat, bahan-bahan dan benda uji.

3.2. Data Teknik Penelitian

Dalam pembuatan bata ringan ini, material penyusunnya terdiri dari semen Portland, pasir, *foaming agent* dan air.

3.2.1. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan benda uji bata ringan akan dijabarkan sebagai berikut :

a. Semen

Semen yang digunakan untuk penelitian ini adalah jenis semen Portland Merk Andalas ukuran kemasan 50 kg.

b. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir sungai, dengan spesifikasi gradasinya yaitu yang lolos ayakan 5 mm.

Penggunaan pasir sebelumnya akan melalui beberapa test agregat berdasarkan persyaratan penggunaan material sesuai ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Berikut data hasil pengujian :

b.1. Analisa saringan pasir (ASTM 136-93)

1. Tujuan : Pengujian ini dilakukan untuk mengukur distribusi ukuran pasir atau gradasi pasir dan modulus kehalusan pasir (FM).

2. Dasar Teori :

$$FM = \frac{\% \text{Komulatif tertahan hingga ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

Berdasarkan nilai modulus kehalusan (FM), agregat halus dibagi dalam beberapa kelas, yaitu :

- a. Pasir Halus : $2,20 < FM < 2,60$
- b. Pasir Sedang : $2,60 < FM < 2,90$
- c. Pasir Kasar : $2,90 < FM < 3,20$

3. Hasil Pengujian :

Modulus Kehalusan (FM) pasir = 2,80

Pasir dapat dikategorikan sebagai pasir sedang

b.2. Berat jenis pasir (ASTM C 128-78)

1. Tujuan : Pengujian ini dilakukan untuk mengukur berat jenis pasir dalam kondisi SSD.

2. Dasar Teori :

Pasir untuk bahan bangunan bermacam-macam (pasir besi, kwarsal, lesti, dll). Masing-masing jenis pasir

mempunyai berat jenis yang berbeda-beda, pasir yang digunakan untuk campuran beton juga tertentu dengan tingkat kekuatan yang diinginkan. Untuk itu berat jenis pasir akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri.

Tabel 3.1. Data Berat Jenis Pasir

Berat Picnometer (gr)	171
Berat Picnometer + pasir + air (W2)	976
Berat Pasir SSD (W1)	500
Berat Picnometer + air (w3)	671
BJ pasir	2,56

Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Pasir} = \frac{w_1}{w_1 - w_2 + W_3}$$

3. Hasil Pengujian :

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Pasir} &= \frac{500}{500 - 976 + 671} \\ &= 2,5641 \end{aligned}$$

b.3. Air resapan pasir (ASTM C 128)

1. Tujuan : Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kadar air resapan pasir.

2. Dasar Teori :

Proses penyerapan air dalam bahan sangat berpengaruh terhadap waktu untuk beton mengeras. Masing-masing bahan campuran beton mempunyai tingkat resapan yang berbeda tergantung jumlah rongga udara yang terjadi

Tabel 3.2. Data Air Resapan Pasir

Berat awal (W1)	500
Berat Pasir Oven (W2)	437
Kadar Air resapan air (%)	12,6

$$\text{Perhitungan : Air resapan pasir} = \frac{w1-w2}{w2} \times 100\%$$

3. Hasil Pengujian :

Kandungan air pada pasir = 12,6 %

b.4. Pemeriksaan Kandungan organik

1. Tujuan : Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan organik yang terdapat dalam pasir.

2. Dasar Teori :

Dengan adanya campuran atau kandungan lain yang terkandung dalam pasir akan mempengaruhi nilai kekuatan beton yang akan diproduksi. Tes ini akan menggunakan alat indikator sebagai penentunya.

3. Hasil Pengujian :

Warna kuning terang = Standart warna No. 3

Material pasir yang digunakan memenuhi standart

b.5. Pemeriksaan Kandungan lumpur pasir

1. Tujuan : Untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat.

2. Dasar Teori :

Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100, atau bahan-bahan lainnya yang bisa merusak campuran beton.

Tabel 3.3. Data Kandungan Lumpur

Keterangan	Sampel
Berat Mula-mula	500
Berat Kering	488
Kadar Lumpur	12

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(\text{berat awal} - \text{berat kering})}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

3. Hasil Pengujian :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{(500 - 488)}{500} \times 100\% \\ &= 2,4\% \end{aligned}$$

b.6. Pemeriksaan Berat Isi Pasir (ASTM 9/C 29M – 90)

1. Tujuan : Untuk menentukan berat isi (*unit weight*) pasir dalam keadaan padat.

2. Dasar Teori :

Pengujian berat isi pasir digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan pasir yang digunakan untuk mengisi bejana silinder.

Tabel 3.4. Data Berat isi Pasir

No. Percobaan	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
	1	2
Berat Silinder (w1)	462	462
Berat Silinder + Pasir (W2)	3364	3161
Berat Pasir (W2-w1)	2902	2699
Volume Silinder (V), cm ³	7422,665625	7422,665625
BV Pasir, gr/cm ³	0,390965	0,36362

$$\text{Berat Volume Pasir} = \frac{w_2 - w_1}{v}$$

3. Hasil Pengujian :

Dengan Rojokan = 0,390965

Tanpa Rojokan = 0,36362

c. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji bata ringan adalah air PDAM TIRTANADI yang ada di lokasi praktek Laboratorium Beton Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

d. Foam Agent

Foam agent yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah Foam Agent dengan formula campuran antara Texapon dan

sikacim yang akan digunakan sebagai pengembang dan mempercepat pengerasan adonan mortar.

3.2.2. Alat-alat yang digunakan

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Ayakan pasir

Ayakan pasir yang digunakan untuk memeriksa gradasi pasir adalah ayakan merk tatonas.

2. Timbangan

Timbangan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah timbangan elektrik, dengan ketelitian 0,01 gram digunakan untuk menimbang bahan campuran beton ringan.

3. Meteran dan Mistar

Meteran dan mistar yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah untuk mengukur dimensi bata ringan dan pabrikasi mall bata ringan

4. Gelas Ukur

Gelas ukur dalam penelitian ini dipergunakan untuk mengukur volume air yang akan dipergunakan dalam campuran beton

5. Bor Tangan

Bor tangan dalam penelitian ini dipergunakan sebagai alat pengembang foaming agent agar menjadi busa dengan mata bor yang sudah dimodifikasi

6. Mixer Mortar

Mixer mortar dalam penelitian ini dipergunakan untuk mencampurkan bahan mortar dengan foam agent

7. Cetakan

Cetakan dalam penelitian ini dipergunakan untuk mencetak benda uji. Ukuran dari yang digunakan adalah 15x15x15cm

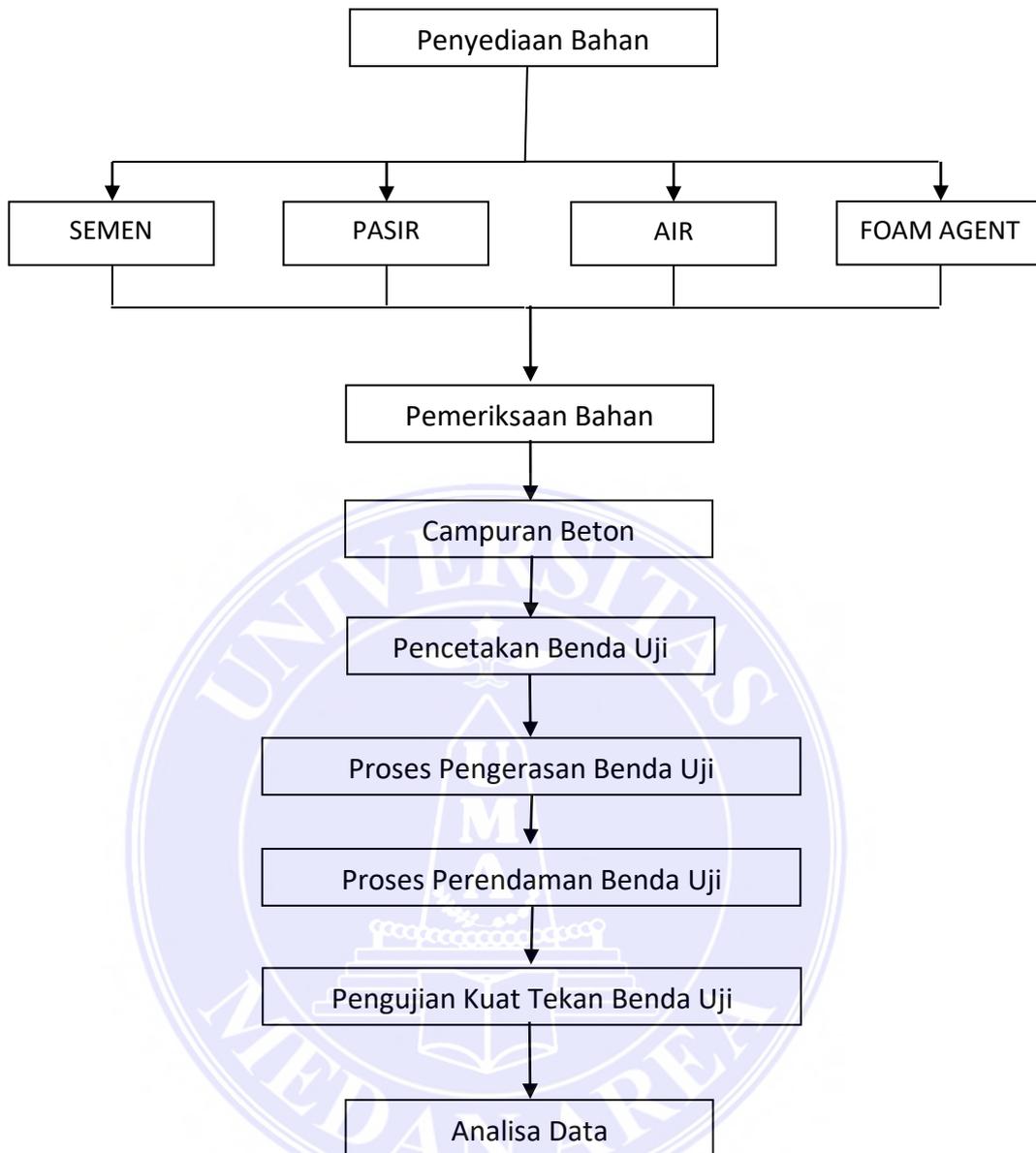
8. Bak Perendaman

Bak perendaman dalam penelitian ini digunakan untuk merendam beton ringan setelah dilepas dari cetakan.

3.3. Proses pembuatan bata ringan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara yang meliputi :

- a. Penyediaan bahan-bahan penyusun bata ringan
- b. Pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan
- c. Perencanaan campuran (*mix design*) bata ringan
- d. Pembuatan Benda Uji
- e. Perendaman Benda uji
- f. Pengujian Kuat tekan Benda uji bata ringan



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.4. Acuan campuran Beton (*Mix-design*)

Sampai sekarang belum ada aturan khusus yang berkaitan dengan *mix-design* Dalam pembuatan bata ringan. penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi kombinasi pemakaian bahan. Pemilihan mix desain untuk penelitian ini didasarkan pada data-data rekomendasi dari internet atau hasil percobaan peneliti lainnya, dengan menggunakan perbandingan

tersebut penulis berharap mix desain yang digunakan menghasilkan hasil campuran yang optimum.

Penulis memutuskan mengambil perbandingan bahan-bahan mengacu pada rekomendasi mix desain yang diciptakan oleh NEOPOR.

Tabel 3.5. Rekomendasi Mix desain untuk 1m³ bata ringan oleh NEOPOR

<i>Oven-Density in Kg/m³</i>	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2350
								<i>Conv. Concr.</i>
<i>Sand (Kg)</i>	-	210	400	560	750	950	1100	<i>1950 (gravel+sand)</i>
<i>Cement (Kg)</i>	+ 300	310	320	350	360	380	400	320
<i>Water in mortar (Kg)</i>	+ 110	110	120	120	140	150	160	180
<i>Quantity of Foam (Ltr)</i>	800	715	630	560	460	370	290	-
<i>Water in Foam (Kg)</i>	+ 64	57	50	45	37	30	23	-
<i>Wet Density (Kg/m³)</i>	474	687	890	1075	1287	1510	1683	2400
<i>Foaming Agent use (Kg)</i>	1.5	1.4	1.2	1.1	0.9	0.7	0.6	-
<i>Water/Cement Ratio</i>	0.58	0.54	0.53	0.47	0.49	0.47	0.46	0.56
<i>Maximum strenght in (N/mm²)</i>	~ 1	~ 2	~ 3	~ 4	~ 8	~ 12	~ 18	25 +
<i>Average Lambda (W/m x K)</i>	0.096	0.18	0.21	0.32	0.405	0.45	0.55	2.1

Sumber : <http://www.neopor.com/en/mixdesign.htm>

Variasi yang dijadikan acuan penulis untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6. Variasi campuran bahan bata ringan

Semen	Pasir	Foam	Air
1	1,25	0,004	0,53
1,3	1,625	0,0052	0,689
1,6	2,0	0,0064	0,84

Variasi diatas akan menjadi komposisi bata ringan dan akan di bandingkan dengan komposisi bata tanpa menggunakan bahan foam agent.

Variasi yang digunakan untuk bata ringan tanpa foam agent adalah dengan menggunakan campuran sampel 1 sehingga dapat terlihat perbedaan hasilnya dengan penggunaan bahan foam agent atau tidak.

Dengan komposisi bahan di atas dapat dihitung kebutuhan bahan yang akan digunakan untuk mencetak benda uji.

$$\text{Berat Jenis rencana} = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume 1 buah kubus} = p \times l \times t$$

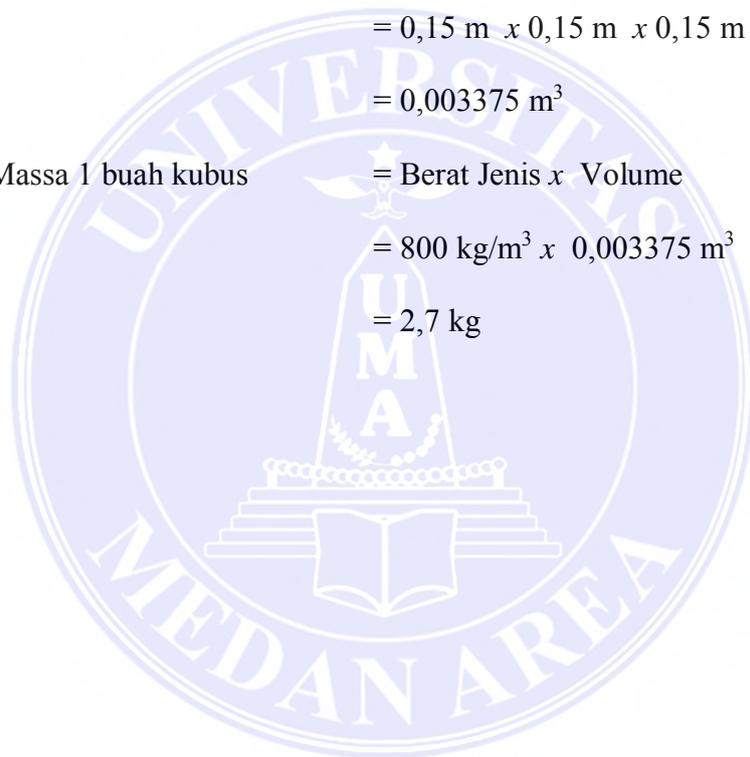
$$= 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 0,003375 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa 1 buah kubus} = \text{Berat Jenis} \times \text{Volume}$$

$$= 800 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$$

$$= 2,7 \text{ kg}$$



DAFTAR PUSTAKA

Leslie. 2015. *Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan (Accelerator Admixture), Kapur dan Pengaruh Curing pada Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Alternatif Pengganti Bata Merah*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Muliono, Tri.2004.”*Teknologi Beton*”.Jakarta: Andi.

Simbolon, Edwin Firmanto. 2015. *Penggunaan Foam Agent Dalam Pembuatan Bata Beton Ringan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal”

SNI 03-6821-2002 “Spesifikasi agregat ringan untuk batu cetak beton pasangan dinding”

<http://www.neopor.com/en/mixdesign.htm>

<http://www.engineeringcivil.com/foamed-cellular-light-weight-concrete.html>

<http://cvt.eu-gateway.jp/wp-content/uploads/2012/07/11.pdf>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto-Foto Dokumentasi



Bahan Pasir

Penimbangan Benda uji agregat



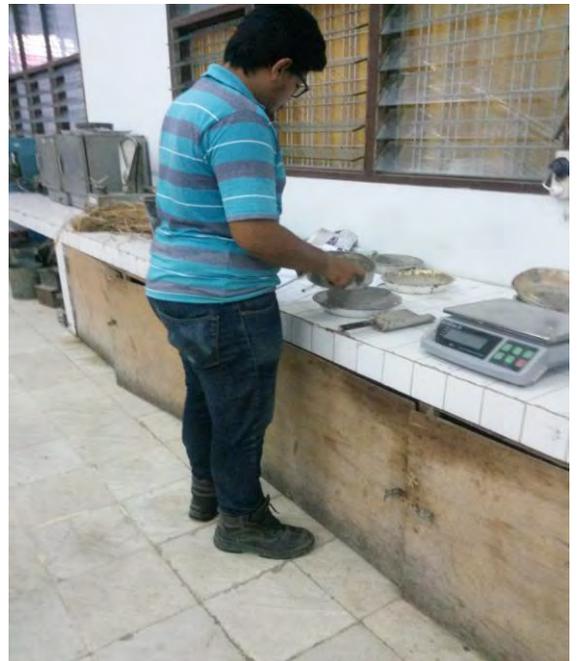


Adonan Foam Agent

Sample bahan Foam agent



UNIVERSITAS MEDAN AREA



Trial Pengembangan Foam Agent



Penimbangan bahan benda uji



busa

Pembersihan cetakan benda uji

Trial pencampuran mortar dan



Penurunan Volume Busa Foam



Foam Agent dengan Bulir lebih kecil



Modifikasi mata bor
kaku

Busa Foam Agent



Pencetakan Benda Uji

Trial Pembuatan Benda uji Normal



Benda Uji Bata Ringan



Test Kuat Tekan





Pencetakan Benda uji

Penyusutan benda uji



uji

Bentuk benda uji

Bentuk benda



Lampiran 2 . Perhitungan Kebutuhan bahan

$$\text{Semen : Pasir : Air : Foam} = 1 : 1,25 : 0,53 : 0,00$$

$$\text{Semen} : \frac{2,7}{2,78} = 0,97 \text{ kg}$$

Pasir : Kadar Semen \times Variabel Komposisi Semen

$$0,97 \text{ kg} \times 1,25 = 1,2125 \text{ kg}$$

Air : Kadar Semen \times Variabel Komposisi Air

$$0,97 \text{ kg} \quad x \quad 0,53 \quad = \quad 0,5141 \text{ kg}$$

Foam : 0

(nilai fas = 0,55)

Semen : Pasir : Air : Foam = 1 : 1,25 : 0,53 : 0,004

$$\text{Semen} : \frac{2,7}{2,78} = 0,969 \text{ kg}$$

Pasir : Kadar Semen x Variabel Komposisi Semen

$$0,969 \text{ kg} \quad x \quad 1,25 \quad = \quad 1,2125 \text{ kg}$$

Air : Kadar Semen x Variabel Komposisi Air

$$0,97 \text{ kg} \quad x \quad 0,53 \quad = \quad 0,5141 \text{ kg}$$

Foam : Kadar Semen x Variabel Komposisi Foam

$$0,97 \text{ kg} \quad x \quad 0,004 \quad = \quad 0,0038 \text{ kg}$$

(nilai fas = 0,5)

Semen : Pasir : Air : Foam = 1,3 : 1,625 : 0,689 : 0,0052

$$\frac{2,7}{3,62} \quad 65$$

$$\text{Semen} : = 0,746 \text{ kg}$$

Pasir : Kadar Semen \times Variabel Komposisi Pasir

$$0,746 \text{ kg} \times 1,625 = 1,2122 \text{ kg}$$

Air : Kadar Semen \times Variabel Komposisi Air

$$0,746 \text{ kg} \times 0,689 = 0,514 \text{ kg}$$

Foam : Kadar Semen \times Variabel Komposisi Foam

$$0,746 \text{ kg} \times 0,0052 = 0,00387 \text{ kg}$$

(nilai fas = 0,5)

$$\text{Semen} : \text{Pasir} : \text{Air} : \text{Foam} = 1,6 : 2 : 0,84 : 0,0064$$

$$\text{Semen} : \frac{2,7}{4,46} = 0,61 \text{ kg}$$

Pasir : Kadar Semen \times Komposisi pasir

$$0,61 \text{ kg} \times 2 = 1,22 \text{ kg}$$

Air : Kadar Semen \times Komposisi Air

$$0,61 \text{ kg} \times 0,84 = 0,512 \text{ kg}$$

Foam : Kadar semen \times Komposisi Foam

$$0,61 \text{ kg} \times 0,0064 = 0,0039 \text{ kg}$$

(nilai fas = 0,5)

Tabel Lampiran. Kebutuhan bahan (kg)

Sample	Ratio campuran	Berat komposisi (Kg)
N <i>fas</i> = 0,53	<i>Semen</i> 1	0,97
	<i>Pasir</i> 1,25	1,2125
	<i>Air</i> 0,53	0,5141
	<i>Foam</i> 0	00.00
1 <i>fas</i> = 0,53	<i>Semen</i> 1	0,969
	<i>Pasir</i> 1,25	1,2125
	<i>Air</i> 0,53	0,5141
	<i>Foam</i> 0,004	0,0038
2 <i>fas</i> = 0,5	<i>Semen</i> 1,3	0,746
	<i>Pasir</i> 1,625	1,2122
	<i>Air</i> 0,689	0,514
	<i>Foam</i> 0,0052	0,00387
3 <i>fas</i> = 0,5	<i>Semen</i> 1,6	0,61
	<i>Pasir</i> 2,0	1,22
	<i>Air</i> 0,84	0,512
	<i>Foam</i> 0,0064	0.0039

