

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202494131, 28 Agustus 2024

## Pencipta

Nama : **Adnan, Mustakim dkk**  
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91112  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Adnan, Mustakim dkk**  
Alamat : Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare, Sulawesi Selatan, 91112

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Karya Ilmiah**

Judul Ciptaan : **BETON BERONGGA DAN SIFAT MEKANIS DENGAN ADDITIVE SIKAFLOK**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 5 Agustus 2024, di Parepare  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000669356

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b.

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAH  
NIP. 196812301996031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

| No | Nama                      | Alamat                                                                                                                                               |
|----|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Adnan                     | Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare                                    |
| 2  | Mustakim                  | Jl. Latasakka No. 10 C, RT/RW: 002/002, Kelurahan Lumpue, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91123, Bacukiki Barat, Parepare |
| 3  | Muh. Faridh Wajedi Rusman | Jl. Lontara, RT/RW: 002/005, Bumi Harapan, Bacukiki Barat, Parepare, Sulawesi Selatan, 91123, Bacukiki Barat, Parepare                               |

**LAMPIRAN PEMEGANG**

| No | Nama                      | Alamat                                                                                                                                               |
|----|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Adnan                     | Jl. Jend. Sudirman, RT/RW: 001/002, Lapadde, Ujung, Parepare, 91112, Sulawesi Selatan, Indonesia, Ujung, Parepare                                    |
| 2  | Mustakim                  | Jl. Latasakka No. 10 C, RT/RW: 002/002, Kelurahan Lumpue, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91123, Bacukiki Barat, Parepare |
| 3  | Muh. Faridh Wajedi Rusman | Jl. Lontara, RT/RW: 002/005, Bumi Harapan, Bacukiki Barat, Parepare, Sulawesi Selatan, 91123, Bacukiki Barat, Parepare                               |





PROVINSI SULAWESI SELATAN  
KOTA PARE PARE

NIK : 7372020808680009

Nama : ADNAN  
Tempat/Tgl Lahir : BOJO, 08-08-1968  
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI Gol Darah : O  
Alamat : JL. JEND SUDIRMAN NO. 227  
RT/RW : 001 / 002  
Kel/Desa : LAPADDE  
Kecamatan : UJUNG  
Agama : ISLAM  
Status Perkawinan: KAWIN  
Pekerjaan : DOSEN  
Kewarganegaraan: WNI  
Berlaku Hingga : 08-08-2018



KOTA PARE PARE  
04/04-2013

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned below the official stamp.

PROVINSI SULAWESI SELATAN  
KOTA PAREPARE

NIK : 7372042707830002

|                   |                        |            |  |
|-------------------|------------------------|------------|--|
| Nama              | MUSTAKIM, ST. MT       |            |  |
| Tempat/Tgl Lahir  | PAREPARE, 27-07-1983   |            |  |
| Jenis kelamin     | LAKI-LAKI              | Gol. Darah |  |
| Alamat            | JL. LATASAKKA NO. 10 C |            |  |
| RT/RW             | 002/002                |            |  |
| Kel/Desa          | LUMPUE                 |            |  |
| Kecamatan         | BACUKIKI BARAT         |            |  |
| Agama             | ISLAM                  |            |  |
| Status Perkawinan | KAWIN                  |            |  |
| Pekerjaan         | DOSEN                  |            |  |
| Kewarganegaraan   | WNI                    |            |  |
| Bertaku Hingga    | SEUMUR HIDUP           |            |  |



KOTA PAREPARE  
07-05-2015





PROVINSI SULAWESI SELATAN  
KOTA PAREPARE

NIK : 7372040908000002

Nama : MUH. FARIDH WAJEDI  
RUSMAN

Tempat/Tgl Lahir : PAREPARE, 09-08-2000

Jenis kelamin : LAKI-LAKI Gol. Darah :-

Alamat : JL. LONTARA

RT/RW : 002/005

Kel/Desa : BUMI HARAPAN

Kecamatan : BACUKIKI BARAT

Agama : ISLAM

Status Perkawinan: BELUM KAWIN

Pekerjaan : PELAJAR/MAHASISWA

Kewarganegaraan : WNI

Berlaku Hingga : SEUMUR HIDUP



KOTA PAREPARE

02-07-2018

*[Handwritten signature]*

Dr. Adnan, ST., MT -----Email: [ferlywijaya774@gmail.com](mailto:ferlywijaya774@gmail.com)

Mustakim, ST., MT -----Email: [mtq2mk@gmail.com](mailto:mtq2mk@gmail.com)

Muh. Faridh Wajedi, ST -----Email: [faridhw09@gmail.com](mailto:faridhw09@gmail.com)

# BETON BERONGGA DAN SIFAT MEKANIS DENGAN ADDITIVE SIKAFUME

ADNAN, MUSTAKIM, MUH. FARIDH W

**Abstrak,** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat additive Sika Fume terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton berongga. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental yaitu dengan cara melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton berongga dengan penambahan sika fume dengan variasi 0%, dan 2% dari berat semen, maka didapatkan hasil eksperimen kuat tekan beton berongga untuk usia 28 hari pada beton variasi 0% dengan rata-rata 16.83 Mpa. Untuk variasi 2% dengan rata-rata 17.42 Mpa. Pada kuat tarik belah beton berongga untuk variasi 0% dengan rata-rata 6.26 Mpa. Untuk variasi 2% dengan rata-rata 8.55 Mpa. Pada kuat lentur beton berongga untuk variasi 0% dengan rata-rata 2.31 Mpa. Untuk variasi 2% dengan rata-rata 2.67 Mpa. Beton dengan variasi 2% dengan rata-rata 17.42 Mpa merupakan variasi dengan nilai kuat tekan tertinggi dan mencapai kuat tekan rencana. Sehingga dengan penggunaan bahan additive sika fume dapat meningkatkan kekuatan mekanis beton berongga.

*Kata Kunci: Beton, Sika Fume, variasi, kuat tekan, kuat tarik belah*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan ekonomi yang meningkat dengan pesat khususnya di kota-kotabesar telah memberikan pengaruh yang cukup besar bagi area dan lahan hijau khususnya terkait penyimpanan air tanah. Hal ini dapat terlihat dari banyaknya pembangunan konstruksi sarana dan prasarana infrastruktur di lahan tersebut. Sebagai dampaknya banyak terjadi pengurangan lahan hijau yang tersedia. Berkurangnya lahan hijau yang awalnya berfungsi sebagai daerah resapan air tersebut, serta lapisan perkerasan yang dibuat kedap air mengakibatkan terhambatnya proses peresapan air ke dalam tanah.

Sehingga sebagian besar air hujan yang turun menimbulkan limpasan air di permukaan tanah (*run off*) yang berakibat banjir terutama pada musim hujan. Selain itu, adanya penyedotan air tanah yang terlalu berlebihan juga semakin menambah permasalahan yang ada saat ini. Pengambilan air tanah secara besar-besaran ini akan berdampak pada kekosongan air di dalam tanah. Akibatnya, permukaan tanah akan semakin menurun (*land subsidence*) dan cadangan air tanah semakin menipis.

Dengan adanya fakta-fakta permasalahan tersebut, diperlukan adanya suatu inovasi terbaru dalam pembangunan infrastruktur, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, dimana perkerasan jalan tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sarana infrastruktur, tetapi juga dapat



berfungsi sebagai daerah resapan air. Inovasi tersebut salah satunya adalah dengan membuat beton berongga (*Pervious Concrete*) sebagai lapisan perkerasan yang dapat mengalirkan air hujan langsung meresap ke dalam tanah dengan cepat. Hal ini dikarenakan beton berongga memiliki rongga-rongga udara untuk mengalirkan air dengan cepat dan menjadi daerah resapan air tanah yang baik. Penggunaan perkerasan beton berongga ini dapat diaplikasikan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas ringan seperti lahan parkir, taman dan jalur pejalan kaki (*sidewalk*).

Penelitian tentang beton berongga yang dilakukan oleh Magasari (2020) menyatakan bahwa komposisi agregat mempengaruhi nilai kuat tekan, begitu pula penelitian Satrio (2020), menyatakan dengan menggunakan agregat kasar dengan komposisi presentase agregat kasar (20:40) mm dan penambahan *superplasticizer* Sika Cim 0,7% diperoleh kuat tekan sebesar 16,03 MPa. Ginting (2015) dalam penelitiannya diperoleh nilai kuat tekan dengan faktor air semen 0,3 lebih baik dari 0,25.

Di dalam penelitian ini digunakan bahan tambahan (*admixture*) jenis Sika fume. Sika fume merupakan bahan aditif pada campuran beton, yang digunakan untuk meningkatkan densitas, daya tahan dan kekuatan tekan beton. Dalam campuran beton, partikel-partikel halus sika fume yang berukuran lebih halus dari butiran semen akan mengisi celah-celah pada campuran, sehingga rongga udara berkurang dan campuran lebih padat. Adapun keuntungan penggunaan bahan sika fume adalah memperkecil *permeability* sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi, meningkatkan daya tahan beton, mempertinggi kekuatan stabilitas beton, penyusutan klorin menurun tajam, dan kekuatan awal dan akhir yang sangat tinggi.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat tekan beton berongga?
2. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat tarik belah beton berongga?
3. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat lentur beton berongga?

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat tekan beton berongga.
2. Menganalisis pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat tarik belah beton berongga.
3. Menganalisis pengaruh penambahan zat aditif *Sika Fume* terhadap kuat lentur beton berongga.



### Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan luasnya permasalahan yang timbul, serta keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, maka perlu adanya batasan masalah agar memperjelas dalam menganalisa permasalahan. sebagai berikut:

1. Mutu beton yang direncanakan  $F_c' 18 \text{ Mpa}$
2. Perencanaan kadar rongga udara 15%
3. Semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC)
4. Agregat kasar (kerikil) digunakan dari sungai Karajae.
5. Sika Fume yang digunakan sebagai bahan tambah pada komposisi campuran beton dengan kadar 0% dan 2%
6. Campuran beton dicetak berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm
7. Campuran beton dicetak berbentuk balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm
8. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 14 dan 28 hari
9. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari
10. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari

### Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan pengetahuan tentang material konstruksi khususnya beton, dan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton
2. Memberikan informasi tentang kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton berongga yang dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah Sika fume dengan beberapa variasi dosis campuran.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kajian teori

#### 1. Beton Porous

Menurut ACI 522R-10, Pervious Concrete atau Beton Porus didefinisikan sebagai beton yang memiliki nilai slump hampir mendekati nol, yang terbentuk dari semen Portland, agregat kasar, sedikit agregat halus atau tidak sama sekali, campuran tambahan (*admixture*), dan air.



**Gambar 1.** Beton Porous (Berongga) (*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

Beton jenis ini, memiliki porositas tinggi dikarenakan sifatnya yang berongga sebesar 15% - 25% dari total keseluruhan volumenya, sehingga memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari pada jenis beton padat yang biasa digunakan. Kuat tekan beton porus pada umumnya berkisar antara 2,8 MPa sampai 18 MPa.

Sedangkan menurut Kardiyono Tjokrodinulyo (2009), beton porus atau beton nonpasir merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan yang dalam pembuatannya tidak menggunakan agregat halus (pasir). Sehingga dalam campuran akan menghasilkan beton yang berpori sehingga beratnya berkurang.

## **2. Agregat**

Agregat adalah sekumpulan butir mineral dengan tekstur keras dan berstruktur padat yang berupa batu pecah, kerikil, dan pasir yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Adapun klasifikasi agregat berdasarkan ukuran butirannya dapat digolongkan sebagai berikut:

- a) Batu, ukuran butirannya yaitu lebih besar dari 40 mm.
- b) Kerikil, ukuran butirannya yaitu antara 4,8 mm – 40 mm.
- c) Pasir, ukuran butirannya yaitu antara 0,15 mm – 4,8 mm.
- d) Debu (silt), ukuran butirannya yaitu lebih kecil dari 0,15 mm.

### **- Agregat kasar**

Agregat kasar (kerikil) adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar merupakan nama lain dari kerikil ataupun batu pecah, ukuran kerikil yang umum dihasilkan dari industri pemecah batu yaitu 5 mm - 40 mm. Syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk campuran beton menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F, yaitu sebagai berikut:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
  - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
  - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimal 10%
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
  - a) Sisa di atas ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat.
  - b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.
  - c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maksimal 60 % dan minimal 10 % dari berat.
- 7) Tidak boleh mengandung garam.



**Gambar 2.** Agregat Kasar (Kerikil) (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 3. Semen

Semen adalah bahan perekat pada beton yang berbentuk halus dan dapat mengikat agregat kasar ataupun agregat halus setelah reaksi hidrasi terjadi karena adanya penambahan air.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI-15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak(*clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dan di giling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

#### a. Bahan baku pembuatan semen *portland*

Semen *Portland* terbentuk dari oksida-oksida utama yaitu : Kapur ( $\text{CaO}$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Bahan baku oksida-oksida tersebut diperoleh dari:

- 1) Batu kapur kalsium ( $\text{CaCO}_3$ ), setelah proses pembakaran terjadi akan menghasilkan kapur oksida ( $\text{CaO}$ ).
- 2) Tanah liat yang mengandung oksida Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).
- 3) Pasir kuarsa atau batu silica untuk menambah kekurangan  $\text{SiO}_2$ .
- 4) Pasir besi untuk menambah kekurangan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

#### b. Sifat kimia dan karakteristik semen

Secara garis besar Sifat dan Karakteristik Kimia ada 4 (empat) utama senyawa kimia yang penting sebagai penyusun semen *portland*, yaitu sbb:

- 1) Trikalsium Silikat ( $\text{Ca}_3\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang di singkat menjadi  $\text{C}_3\text{S}$ .,
- 2) Dikalsium Silikat ( $\text{Ca}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang di singkat menjadi  $\text{C}_2\text{S}$ .
- 3) Trikalsium Aluminat ( $\text{Ca}_3\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang di singkat menjadi  $\text{C}_3\text{A}$ .
- 4) Tertrakalsium aluminoferrit ( $\text{Ca}_4\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_4\text{AF}$ .

Sifat kimia semen dapat di jabarkan sebagai kesegaran semen dan sisa yang tak larut, dan yang utama adalah komposisi syarat yang diberikan. Semen *portland* di Indonesia harus memenuhi SNI, Semen *Portland*”, syarat mutu yang ditetapkan oleh SNI 15-2049-2004 mengadopsi dari syarat mutu dalam ASTM.

#### c. Jenis-jenis semen *Portland*

Menurut standar yang diterbitkan oleh BSN berikut ini adalah standar semen *portland* beserta nomor SNI nya:



- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 1) Semen portland          | SNI 15 2049 2004 |
| 2) Semen masonry           | SNI 15 3758 2004 |
| 3) Semen portland putih    | SNI 15 0129 2004 |
| 4) Semen portland pozzolan | SNI 15 0302 2004 |
| 5) Semen portland komposit | SNI 15 7064 2004 |
| 6) Semen portland campur   | SNI 15 3500 2004 |

Sedangkan SNI 15 2049 2004 semen portland dan ASTM C150 membagi kembali semen menjadi beberapa tipe, yaitu:

- 1) Semen tipe I, yaitu semen untuk keperluan umum
- 2) Semen tipe II, yaitu semen dengan ketahanan sulfat sedang
- 3) Semen tipe III, yaitu semen dengan kekuatan awal tinggi
- 4) Semen tipe IV, yaitu semen dengan panas hidrasi rendah
- 5) Semen tipe V, yaitu semen dengan ketahanan sulfat tinggi



**Gambar 3.** Semen Portland ( *Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

#### 4. Air

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton dan sangat berpengaruh terhadap hasil campuran beton, karena air diperlukan dalam proses reaksi kimia semendan membentuk pasta semen untuk mengikat agregat. Apabila beton kelebihan air maka akan terjadi *bleeding* (air dan semen naik ke permukaan campuran beton segar setelah dituang).

Syarat-syarat mutu air untuk adukan beton menurut British Standard (BS.3148-80) adalah sebagai berikut (Mulyono, 2003):

- a) Garam-garam anorganik. Ion-ion yang terdapat di dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, dan nitrat. Gabungan ion-ion tersebut yang terdapat dalam air maksimum 2000 mg/liter. Garam-garam ini akan menghambat waktu pengikatan pada beton sehingga kuat tekannya turun. Selain itu garam-garam ini membuat beton bersifat higroskopis, sehingga beton selalu basah, beton menjadi bercak putih, ditumbuhi lumut dan tulang menjadi elektrolit dan berkarat. Konsentrasi garam-garam ini pada air pencampur beton maksimum 500 ppm.

- b) NaCl dan sulfat. Konsentrasi NaCl dalam air diijinkan maksimum 20000 ppm. Garam ini membuat beton bersifat higroskopis dan bila bereaksi dengan agregat yang mengandung alkali akan membuat beton mengembang. Pengaruh garam sulfat terhadap beton adalah membuat beton tidak awet. Air asam. Air yang mempunyai nilai asam tinggi ( $\text{PH} > 3,0$ ) akan menyulitkan pekerjaan beton.
- c) Air basah. Air dengan kandungan Natrium Hidroksida kurang dari 0,5% dari berat semen tidak mempengaruhi kekuatan beton. Sebaliknya NaOH lebih dari 0,5% dari berat semen akan menurunkan kekuatan beton.
- d) Air gula. Penambahan air gula sebesar 0,25% ke atas akan menyebabkan bertambahnya waktu ikatsemen dan juga menurunkan kekuatan beton.
- e) Minyak. Air yang mengandung minyak tanah lebih dari 2% menyebabkan kekuatan beton turun sebesar 20%. Air yang tercemar oleh minyak sebaiknya tidak digunakan untuk campuran beton.
- f) Rumput laut. Air yang tercampur dengan rumput laut mengakibatkan daya lekat dengan berkurang dapat menimbulkan gelembung-gelembung udara pada beton. Akibatnya beton menjadi keropos dan akhirnya kekuatannya akan turun.
- g) Zat-zat organik. Lanau dan bahan-bahan terapung. Air yang banyak mengandung zat organik biasanya keruh, berbau dan mengandung butir-butir lumut. Air ini dapat mengganggu proses hidrasi semen, apabila agregat yang digunakan banyak mengandung alkali. Ini akan menyebabkan beton mengembang yang akhirnya retak. Air yang mengandung lumpur halus kurang dari 2000 ppm bila akan digunakan untuk beton harus diendapkan terlebih dahulu agar lumpur tidak mengganggu proses hidrasi semen.
- h) Air limbah. Cair limbah biasanya mengandung senyawa organik sebanyak 400 ppm. Air ini dapat digunakan untuk campuran beton bila senyawa organik diencerkan/dinetralsir sampai air hanya mengandung senyawa organik sebesar maksimum 20 ppm.

## 5. Material Alternatif

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti material dasar pada pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

### a. Sika fume

Sika Fume merupakan bahan tambah bersifat mineral hasil produk sampingan dari reduksi quarsa murni ( $\text{SiO}_2$ ) dengan batu bara di tanur listrik dalam pembuatan campuran silikon dan ferrosilikon. Sika Fume mengandung kadar  $\text{SiO}_2$  yang tinggi, dan mempunyai permukaan yang sangat halus, berbentuk bulat dengan diameter 1/100 dari diameter semen, berwarna abu-abu, dengan berat jenis 0.60 kg/l, seperti pada gambar berikut.



**Gambar 4.** Sika Fume (Sumber: (Dokumentasi Pribadi))

Penggunaan Sika Fume dengan dosis sesuai dengan ketentuan produk antara 2% - 10% dari berat semen, akan meningkatkan kemampuan beton dengan cara memperkecil permeability sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik, memperbaiki daya ikat dan stabilitas beton segar, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi, mempertinggi kekuatan stabilitas beton, penyusutan klorin menurun tajam, resapan terhadap gas menurun tajam, memperkecil terjadinya shrinkage, kuat tekan awal dan akhir tinggi

Menurut standar *Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar* (ASTM-C618-86), silica fume merupakan bahan yang mengandung  $\text{SiO}_2$  lebih besar dari 85% dan merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat dan berdiameter  $1/100$  diameter semen (Kusumo, 2013). Menurut Subakti, silica fume mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat kimianya, secara geometris silica fume mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat mekaniknya, silica fume memiliki reaksi yang bersifat pozzolan yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen (Kusumo, 2013). Karena kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup tinggi, hidrasi air dan semen akan menghasilkan  $\text{Ca(OH)}_2$  yaitu bahan yang mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$  ini bereaksi dengan silica oksida ( $\text{SiO}_2$ ) membentuk kalsium silikat hidrat, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton. Keuntungan dalam penggunaan silica fume dapat ditinjau pada dua kondisi:

- 1) Saat beton dalam proses pengikatan :
  - a) Memudahkan pengerjaan (*workability*)
  - b) Mengurangi perembesan air dan beton (*bleeding*), dan
  - c) Memberikan waktu pengikatan (*setting time*) yang lama.
- 2) Saat beton dalam kondisi keras :
  - a) Meningkatkan kuat tarik
  - b) Meningkatkan kuat lentur
  - c) Memperkecil susut dan rangkai



- d) Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif
- e) Sebagai penetrasi klorida
- f) Permeabilitas lebih kecil, dan
- g) Ketahanan terhadap keausan tinggi.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Sika Fume

| Unsur                                        | Sika Fume % | ASTM C 1240-93 |
|----------------------------------------------|-------------|----------------|
| Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ )          | 93.08       | Minimum 85.0   |
| Alumunium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) | 1,42        | -              |
| Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )              | 0,00        | -              |
| Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ )            | 0,93        | -              |
| Mangan Oksida ( $\text{MnO}$ )               | 0,08        | -              |
| Pospor Oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )     | 0,23        | -              |
| Sulfur Trioksida ( $\text{SO}_3$ )           | 0,10        | -              |
| Titanium Oksida ( $\text{TiO}_2$ )           | 0,08        | -              |
| Ferik Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )     | 4,09        | -              |
| Karbon (C)                                   | 2,19        | -              |
| Loss on Ignition (LOI)                       | 1,49        | Maksimum 6.0   |

Sumber : (Ilham,2004)

Keuntungan fisik yang diperoleh dari partikel *silicafume* yang halus untuk menempati ruang yang sangat rapat dengan partikel agregat dengan adonan semen yang merupakan daerah kelemahan dari beton yang merupakan alasan timbulnya efek dinding yang mencegah bersatunya semen *Portland* dengan permukaan agregat. Bagian ini yang nantinya akan diisi oleh partikel dari silica fume yang sangat halus sehingga air tidak terperangkap didalam partikel padat sehingga sifat menyerap dari daerah bidang pemisah agregat lebih kecil dibanding dengan tanpa *silicafume*. Menurut Neville, penggunaan *silicafume* dengan jumlah yang rendah (dibawah 5% dari berat semen) tidak menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dari beton karena jumlah *silicafume* tidak akan mencukupi untuk menutupi permukaan seluruh partikel dari agregat kasar, namun penggunaan *silicafume* yang menguntungkan juga terbatas tidak lebih dari 10% dari berat semen yang digunakan, hal ini disebabkan oleh penggunaan *silicafume* yang berlebihan tidak akan dapat menutupi permukaan agregat (Kusumo, 2013).

## 6. Mutu Beton

Mutu beton merupakan salah satu bagian penting untuk menentukan pengaplikasiannya pada struktur bangunan. Kualitas beton sendiri dapat berbeda-beda sesuai penggunaan dan pemilihan komposisi bahan material yang dipakai. Mutu beton dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok sesuai dengan penggunaannya, antara lain:

### a. Mutu rendah

Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu. Terdiri atas mutu beton  $< f_c' 20 \text{ MPa}$ .

**b. Mutu sedang**

Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai, kolom, balok, dan beton bertulang sejenisnya. Terdiri atas mutu beton  $f_c'$  20 MPa – 35 MPa.

**c. Mutu tinggi**

Umumnya digunakan untuk beton prategang, seperti tiang pancang beton prategang, glagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya. Terdiri atas mutu beton  $> f_c'$  35 MPa

**7. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)**

Mix desain beton berongga dalam  $1\text{m}^3$  beton diperlihatkan pada tabel 2.2. Nilai presentase volume pori yang ingin dicapai adalah sebesar  $15\% \pm 5\%$ . Mix desain ini menggunakan bahan kimia tambahan (Gabungan retarder dan plastisizer) sebesar 0,2% dari berat semen pada pembuatannya.

**Tabel 2. Mix desain beton berongga ( $1\text{m}^3$ )**

| Material                          | Satuan (kg) | Rasio terhadap semen |
|-----------------------------------|-------------|----------------------|
| Air                               | 112,50      | 0,25                 |
| Semen                             | 450         | 1                    |
| Batu Pecah                        | 1420        | 3,16                 |
| Gabungan retarder dan plastisizer | 0,90        | 0,002                |

Sumber : (Buku Semen dan Beton, Hal.7)

Pencampuran material-material dilaksanakan menggunakan *panmixer* di laboratorium. Setiap kali pencampuran dibuat 40 liter. Pencampuran dengan komposisi material yang sama dilakukan empat kali pada suhu ruangan  $26^\circ\text{C}$ .

Komposisi mix desain beton berongga dalam  $1\text{m}^3$  beton diperlihatkan pada tabel 2.3. Presentase volume pori didesain sebesar  $25 \pm 5\%$ . Jumlah retarder adalah 0,2% dari berat semen, dengan faktor air semen sebesar 0,3 :

**Tabel 3. Komposisi kebutuhan agregat untuk  $1\text{m}^3$  beton berongga**

| Jenis Bahan      | Berat Bahan ( $\text{kg/m}^3$ ) |
|------------------|---------------------------------|
| Semen            | 500                             |
| Agregat Kasar    | 1914                            |
| Air              | 151,65                          |
| Super Plasticier | 3,30                            |
| Retarder         | 2,20                            |

Sumber : (Buku Semen dan Beton, Hal.7)

**8. Kuat Tekan**

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas. Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan

yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam *mix design*. Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $F_c$  : Kuat Tekan Beton (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P$  : Beban yang bekerja (kg)
- $A$  : Luas penampang benda (cm<sup>2</sup>)



**Gambar 5.** Pengujian Kuat Tekan Pada Beton  
*Sumber: Dokumentasi contoh pengujian kuat tekan beton*

## 9. Kuat Tarik Belah Beton

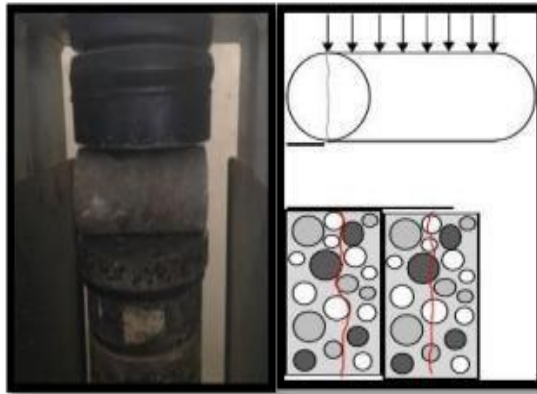
Kekuatan tarik beton lebih rendah dari kekuatan tekan beton karena hanyasekitar 10-15 % dari kekuatan tekannya, hal ini disebabkan oleh adanya retak-retak halus pada beton. Retakan ini hanya berpengaruh pada kuat tarik beton akan tetapi tidak berpengaruh pada kuat tekan beton, karena ketika beton menerima beban tekan maka retakan tersebut akan menutup dan akan terjadi penyebaran tekanan. Pengujian kuat tarik pada beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tarik dan pengujian dilakukan dilaboratorium.

Kekuatan tarik belah beton di tentukan dengan benda uji berbentuk silinder. Benda uji tersebut diletakkan secara mendatar atau horizontal diatas permukaan mesin percobaan. Nilai kuat tarik tidak langsung didapatkan setelah memberikan beban pada benda uji, melainkan harus di hitung dengan menggunakan persamaan. Menurut SNI 249-2014 persamaan untuk menentukan nilai kuat tarik pada beton, yaitu sebagai berikut (Dewi et al., 2020) :

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

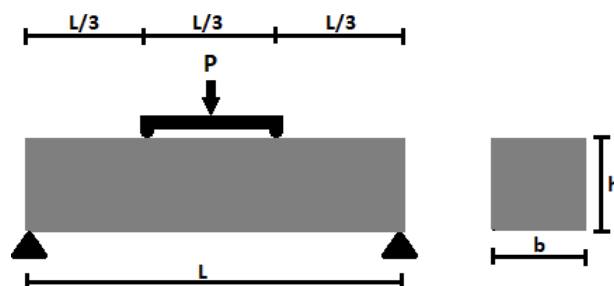
- $f_{sp}$  : Kuat Tarik Belah ( $N/mm^2$ )  
P : Beban maksimum pada waktu belah (N)  
L : Panjang benda uji silinder (mm)  
D : Diameter benda uji silinder (mm)



**Gambar 6.** Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Pola Retak  
*Sumber : (Dewi et al., 2020)*

#### 10. Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur beton adalah kemampuan balok beton tanpa tulanganberpenampang 15 cm x 15 cm dengan panjang 60 cm untuk memikul tegangan tariklentur akibat momen lentur yang diletakkan pada dua perletakan. Satuan untukmenyatakan kuat tarik lentur beton dinyatakan dalam satuan Mega Pascal (MPa). Pengujian kuat tarik lentur beton diperlihatkan pada Gambar 2.9. Padapengujian kuat tarik lentur beton, pembebanan balok benda uji diberikan pada tiaptitik pertigaan bentang balok beton. Pembebanan pada balok beton dilakukanhingga balok beton mengalami keruntuhan.

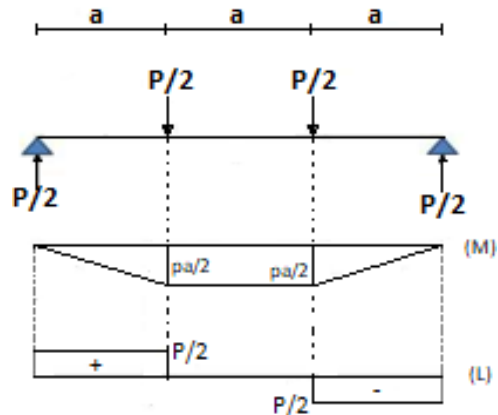


**Gambar 7.** Pengujian Kuat Lentur Beton  
*Sumber : (Jurnal Institut Teknologi Nasional)*

Bidang gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan pada titik pertigaanbentang balok beton ditunjukkan pada Gambar 2.10. Pada diagram gaya



dalam menunjukkan bahwa momen lentur maksimum terjadi pada sepertiga bentang yang berada di tengah.



**Gambar 8.** Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (L)  
 Sumber : (Jurnal Institut Teknologi Nasional)

Pembebanan dilakukan pada titik pertigaan bentang balok bertujuan untuk memperoleh hasil keruntuhan yang hanya disebabkan oleh momen lentur. Rumus kuat tarik lentur beton berdasarkan percobaan dinyatakan pada persamaan berikut:

$$f_r = \frac{3Ph}{bh^2} \quad (3)$$

keterangan :

- $f_r$  = kuat tarik lentur beton (MPa);
- $P$  = beban pada waktu lentur (kN);
- $L$  = panjang bentang antar perletakan (mm);
- $a$  = sepertiga panjang bentang antar perletakan (mm);
- $b$  = lebar penampang balok (mm);
- $h$  = tinggi penampang balok (mm).

## B. Kajian hasil penelitian terdahulu

Penelitian tentang penggunaan Sika fume dalam pembuatan beton telah banyak dilakukan dan menggunakan cara yang berbeda-beda serta hasil yang berbeda pula. Penjelasan singkat tentang penelitian-penelitian tersebut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Partogi H. Simatupang. dkk pada tahun 2017, dengan judul tentang Pengaruh Penambahan *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan *Reactive Powder Concret*, dalam jurnal Teknik Sipil. Dalam penelitian ini komposisi dari *silica fume* adalah 0%, 9%, 18%, 27%, 36%, dan 45% dari massa semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran 5 cm x 10 cm. setiap variasi terdapat 5 benda uji, sehingga total pengujian adalah 30 benda uji. Dan umur rencana 14 hari. Hasil percobaan I kuat tekan rerata untuk semua variasi yang dihasilkan  $< 40$  MPa, maka dilakukan percobaan II yaitu dengan ditambahkan volume dari *superplasticizer* sebanyak 2 kali data awal. Hasil percobaan II kuat tekan

rerata untuk variasi 0% = 42,02 MPa, 9% = 43,29 MPa, 18% = 45,83 MPa, 27% = 48,38 MPa, 36% = 43,29 MPa dan 45% = 42,02 MPa. Presentase optimal *silica fume* adalah 26,28%.

2. Penelitian oleh Wahyu Satrio Wicaksono. dkk pada tahun 2018, dengan judul tentang Pengaruh Kadar *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan Pada *High Strength Self Compacting Concrete* (HSSCC) Benda Uji Silinder D7,5 x 15 cm Usia 14 dan 28 hari, dalam jurnal Matriks Teknik Sipil. Komposisi dari *silica fume* adalah 0%, 8%, 9%, 10% dan 11%. Semakin tinggi kadar *silica fume* maka kinerja beton semakin berkurang. Hal ini terjadi karna sifat *silica fume* yang menyerap air. Pengujian dilakukan pada umur 14 dan 28 hari. Sementara hasil analisis data menunjukkan kuat tekan optimum terjadi pada kadar *silica fume* sebesar 10,21%, hasil penelitian menunjukkan kuat tekan optimum pada umur 28 hari pada penambahan *silica fume* sebesar 9% memiliki kuat tekan sebesar 67,65 MPa. Dari hasil analisis data menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada kadar *silica fume* sebesar 9,37%.
3. Penelitian oleh Sherli Pramudhita Hapsari. dkk pada tahun 2017, dengan judul tentang Kajian Pengaruh Variasi Komposisi *Silica Fume* terhadap parameter beton memadat mandiri dengan kuat tekan beton mutu tinggi, dalam jurnal Matriks Teknik Sipil. Komposisi dari *silica fume* adalah 0%, 8%, 9%, 10% dan 11%. Semakin tinggi kadar *silica fume* maka kinerja beton semakin berkurang. Hal ini terjadi karna sifat *silica fume* yang menyerap air. Hasil kuat tekan terbaik didapatkan pada kadar *silica fume* sebesar 9%, sedangkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum pada umur 28 hari terjadi pada penambahan *silica fume* sebesar 9% yang memiliki kuat tekan sebesar 76,02 MPa. Sementara dari hasil analisis data menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada kadar *silica fume* sebesar 9,34%.
4. Penelitian oleh Irzal Agus. dkk pada tahun 2017, dengan judul tentang Studi eksperimental kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan additif Sika Fume, dalam jurnal Teknik sipil. Variasi penambahan Sika Fume dilakukan dengan 4 (empat) variasi, yaitu 2,5%, 5%, 7,5%, 10% Sika Fume. Adukan beton ditetapkan dengan *fas* 0,37. Hasil pengujian dengan penambahan sika fume sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada pengujian kuat tekan Beton pada umur 3 hari sebesar 214,5 kg/cm<sup>2</sup> (2,5%), 202,0 kg/cm<sup>2</sup> (5%), 191,4 kg/cm<sup>2</sup> (7,5%), 190,5 kg/cm<sup>2</sup> (10%), umur 7 hari sebesar 267,4 kg/cm<sup>2</sup> (2,5%), 254,9 kg/cm<sup>2</sup> (5%), 247,2 kg/cm<sup>2</sup> (7,5%), 236,6 kg/cm<sup>2</sup> (10%) dan umur 28 hari sebesar 443,4 kg/cm<sup>2</sup> (2,5%), 425,2 kg/cm<sup>2</sup> (5%), 412,7 kg/cm<sup>2</sup> (7,5%), 401,1 kg/cm<sup>2</sup> untuk (10%). Hasil penelitian mengatakan bahwa dengan penggunaan Sika Fume 2,5% pada umur 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 443,4 kg/cm<sup>2</sup>.
5. Penelitian oleh Mely Dwi Fitriani. Dkk pada tahun 2018, dengan judul tentang Pengaruh Penggunaan Chemical Admixture Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Awal Beton Pada Umur 24 Jam, dalam jurnal Teknik Sipil. Kadar *silica fume* yang digunakan adalah 4%, 6%, 10% dari berat semen. Dan superplasticizer dosis nya 1,1% untuk semua variasi. Kuat tekan yang direncanakan adalah 37,35 Mpa dengan benda uji silinder 15cm x 30cm. umur beton yang diuji pada umur 7 jam, 16

## METODE PENELITIAN

Adapun jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angka. Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton. Dari hasil penelitian terhadap pengujian beton beronggadiharapkan dapat mengetahui pengaruh terhadap penggunaan bahan tambah sika fume terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton berongga .

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, kota parepare. Terletak pada titik koordinat 3°59'06.4" S 119°38'58.9" E. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2022 hingga 20 Januari 2023. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



- a. **Saringan**, Saringan dengan nomor berturut-turut No.  $\frac{3}{4}$ , No.  $\frac{1}{2}$ , No.  $\frac{3}{8}$ , No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).
- b. **Timbangan**, Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.
- c. **Gelas ukur**, Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

- d. Piknometer,** Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari  $B_j$  agregat halus.
- e. Jangka sorong,** Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji
- f. Oven,** Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air,  $B_j$ , dan gradasi agregat.
- g. Mesin aduk beton,** Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton
- h. Kerucut Abrams,** Kerucut abrams digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai slump).
- i. Penggaris,** Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump.
- j. Cetakan beton,** Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
- k. Batang baja,** Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.
- l. Mesin uji tekan,** Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.
- m. Mesin Los Angeles,** Mesin Los Angeles digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkap dengan bola-bola baja.

## 2. Bahan penelitian

- a. Semen,** Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I.
- b. Agregat,** Agregat kasar yang digunakan berupa kerikil yang berasal dari Sungai Karajae Kota Parepare
- c. Air,** Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.
- d. Sika fume,** SikaFume merupakan generasi terbaru additive beton dalam bentuk bubuk halus yang didasarkan pada teknologi Silicafume. SikaFume digunakan sebagai additive yang sangat efektif untuk menghasilkan beton dengan kualitas tinggi. Sesuai dengan standarisasi ASTM C 1240-00.

## D. Prosedur dan Rancangan Penelitian

### 1. Tahapan pemekrisaan

Persiapan serta pemeriksaan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, meliputi:

#### a. Semen

##### 1) Pemeriksaan berat jenis semen

Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu kamar dengan berat volume air suling pada 4°C, yang volumenya sama dengan volume semen. Menurut *SK SNI 15-2531-1991*, Berat jenis semen berkisar antara 3.00 – 3.20 t/m<sup>3</sup>. Prosedur pelaksanaan pengujian Pemeriksaan berat jenis semen, yaitu sebagai berikut:



- a) Botol Le Chatelier (piknometer) diisi dengan kerosin atau naptha sampai antara skala 0 dan 1, keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.
- b) Masukkan botol ke dalam air sebagai usaha menjaga suhu yang konstan untuk menghindari variasi suhu botol yang lebih besar dari 0,2°C.
- c) Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V1).
- d) Masukkan contoh semen sedikit demi sedikit ke dalam botol. Jangan sampai terjadi ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan, sampai gelembung udara tidak timbul lagi dipermukaan.
- e) Kemudian baca skala pada botol (V2).

## **2) Konsistensi normal semen *Portland***

Konsistensi normal semen adalah nilai prosentase jumlah air yang dibutuhkan untuk membentuk pasta semen pada kondisi kebasahan standar guna menunjukkan kualitas semen portland (Sandor Popovics). Metode pengujian konsistensi normal sesuai standar *SNI 03-6826-2002* dengan metode Trial and Error menggunakan sejumlah pasta semen yang dibuat dengan prosentase air yang berbeda-beda. Prosedur pelaksanaan pengujian konsistensi semen sebagai berikut:

- a) Campur semen dengan air suling 14% (70 cc) lalu aduk sampai rata selama 3 menit hingga membentuk pasta semen.
- b) Bila pasta semen telah tercampur rata, kemudian dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar dari tangan kiri ke tangan kanan atau sebaliknya pada jarak 15 cm sebanyak 6 (enam) kali.
- c) Kemudian masukkan bola pasta kedalam konikel, ratakan permukaannya dengan cara ditekan menggunakan tangan.
- d) Letakkan konikel berisi pasta semen pada kaca datar. Jarum vikat besar ditempelkan pada permukaan semen tepat di bagian tengah dan lepaskan jarum dengan memutar pengikat E di jarum vikat tersebut selama 30 detik
- e) Ulangi percobaan dengan campuran baru dengan memberi jumlah air berbeda, minimum tiga kali percobaan dengan menambahkan kira-kira 5 cc air.
- f) Sebagai catatan, jumlah air dapat ditambah bila penurunan jarum kurang dari 10 mm, atau sebaliknya jumlah air dikurangi bila terjadi penurunan jarum lebih besar dari 10 mm.
- g) Tentukan kadar air normal pada penurunan 10 mm berdasarkan grafik.

## **3) Pengujian waktu mengikat dan mengeras semen *Portland***

Waktu ikat permulaan (waktu ikat awal) adalah jangka waktu mulainya pengukuran pasta pada konsistensi normal sampai pasta kehilangan sebagian sifat plastis (mengeras). Menurut *SNI 03-6827-2002* waktu pengikatan awal pada semen berkisar antara 60-120 menit. Prosedur pelaksanaan pengujian waktu mengikat dan mengeras semen *Portland* sebagai berikut:

- a) Campur semen dengan air suling sesuai dengan konsistensi normal yang didapatkan sebelumnya lalu aduk hingga rata selama 3 (tiga) menit hingga 6 menjadi pasta
- b) Catat waktu saat pasta semen telah tercampur rata
- c) Kemudian pasta semen yang sudah rata tersebut di bentuk bola dengan cara dilempar dari tangan kiri ke tangan kanan atau sebaliknya pada jarak 15 cm sebanyak 6 (enam) kali.
- d) Kemudian masukkan bola pasta kedalam konikel dan permukaannya diratakan dengan cara ditekan
- e) Jarum vikat kecil ditempelkan pada bidang muka semen tepat dibagian tengahnya. Setelah 45 menit lepaskan jarum dengan memutar pengikat E dijarum vikat tersebut dan ukur penurunannya
- f) Setelah 15 menit dari perjatuhan pertama, jarum vikat di tarik kembali dan dijatuhkan pada permukaan yang baru (permukaan yang belum tertusuk jarum). Demikian seterusnya dilakukan dalam interval 15 menit hingga jarum tidak dapat masuk lagi ke dalam pasta semen (turun 0 mm). Perlu diperhatikan jarak antara penusukan jarum adalah 3 mm dari penusukan sebelumnya
- g) Waktu mengikat semen ditentukan pada jarum vikat turun sebesar 25 mm. Sedangkan waktu mengeras di tentukan bila jarum vikat turun sebesar 0 mm.

## **b. Agregat**

### **1) Analisis gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar**

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran butir yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Maka dari itu, hal tersebut memerlukan pemeriksaan gradasi agregat dalam pembuatan beton. Berdasarkan *SNI 03-1968-1990*, prosedur pelaksanaan pengujian analisis gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar sebagai berikut:

- a) Keringkan agregat yang akan diperiksa dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap kemudian diambil sampel sebanyak (agregat halus (pasir) sebanyak 1000 gram dan agregat kasar (kerikil) sebanyak 2000 gram).
- b) Atur ayakan menurut susunannya yaitu saringan sesuai dengan yang telah ditentukan
- c) Saring agregat dengan ayakan yang telah disusun dengan menggunakan mesin *Sieve Shaker* selama 15 menit.
- d) Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir agregatnya.

### **2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar**

Kerikil mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang tergantung pada kekasaran permukaan, bentuk butir maupun tingkat basahnya. Oleh karena itu, untuk kerikil dikenal berat jenisnya, berat satuan, maupun berat

jenuh kering muka. Berdasarkan *SNI 03-1970-1990*, prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar sebagai berikut:

- a) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang ada pada butir-butir kerikil.
- b) Masukkan kerikil ke dalam tungku pada suhu 105°C sampai beratnya tetap.
- c) Dinginkan benda uji sampai pada temperatur kamar ( $\pm 3$  jam), kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (bk).
- d) Rendam benda uji dalam temperatur kamar selama  $\pm 24$  jam.
- e) Ambil benda uji dari dalam air, kemudian lap dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka.
- f) Timbang benda uji jenuh kering muka (bj).
- g) Masukkan kerikil ke dalam keranjang kawat, kemudian guncangkan agar udara yang tersekap keluar. Lalu timbang dalam air (Ba).

### **3) Pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat kasar**

Berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi. Rongga udara dalam satuan volume agregat adalah ruang di antara butir-butir agregat yang tidak diisi oleh partikel yang padat. Berdasarkan *ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998*, prosedur pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat halus dan agregat kasar yaitu: Masukkan agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai daftar no. 1. keringkan dengan oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$  sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji.

### **4) Pemeriksaan kandungan lumpur agregat kasar**

Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu adalah partikel berukuran antara 0,002 mm s/d 0,006 mm (2 s/d 6 mikron). Lumpur tidak diijinkan dalam jumlah banyak, untuk masing-masing agregat kadar lumpur yang diijinkan berbeda. Kadar lumpur agregat normal yang diijinkan SK SNI S-04-1989-F untuk agregat halus adalah maksimal 5% dan untuk agregat kasar maksimal 1%. Adanya lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan turunnya kekuatan beton yang bersangkutan. Berdasarkan *ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996*, prosedur pengujian pemeriksaan kandungan lumpur sebagai berikut:

- a) Ambil agregat kering tungku seberat 500 gram (Pasir) atau 1000 gram (Kerikil) (w1).
- b) Masukkan agregat tersebut ke dalam nampan pencuci dan tambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam.
- c) Nampan digoncang-goncangkan lalu tuangkan ke dalam ayakan no. 200.
- d) Ulangi langkah (3) sampai air cucian tampak jernih / tidak keruh.
- e) Masukkan butir-butir pasir yang tersisa di ayakan no. 200 ke dalam nampan dan keringkan kembali dalam tungku pengering selama  $\pm 24$  jam.
- f) Timbang pasir kering tungku kembali (w2)

### **5) Pemeriksaan kadar air pada agregat kasar**

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Berdasarkan *ASTM C556-97/SNI 03-1971-1990*, prosedur pelaksanaan pengujian kadar air agregat sebagai berikut:

- a) Timbang dan catat berat talam ( $W_1$ )
- b) Masukkan benda uji ke dalam talam dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang. Catat beratnya ( $W_2$ ).
- c) Hitung berat benda uji :  $W_3 = W_2 - W_1$  .
- d) Keringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai mencapai bobot tetap.
- e) Setelah kering, contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ) .
- f) Hitunglah berat benda uji kering:  $W_5 = W_4 - W_1$ .

### **6) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles***

Ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan abrasi *Los Angeles (Abrasion Los Angeles Test)*. Pengujian ini memberikan gambaran yang berhubungan dengan kekerasan dan kekuatan kerikil, serta kemungkinan terjadinya pecah butir-butir kerikil selama penumpukan, pemindahan, maupun selama pengangkutan. Kekerasan kerikil berhubungan pula dengan kekuatan beton yang dibuat. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ketahanan aus ini berupa prosentase antara berat bagian yang halus (lewat lubang ayakan 2 mm) setelah pengujian dan berat semula sebelum pengujian. Makin banyak yang aus makin kurang tahan keausannya. Berdasarkan *SNI 2417:2008*, prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* sebagai berikut:

- a) Cuci dan keringkan agregat gradasi A pada temperatur  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  sampai berat tetap
- b) Masukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin abrasi *Los Angeles*.
- c) Putar mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm ; jumlah putaran gradasi A adalah 500 putaran.
- d) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya keringkan dalam oven pada temperatur  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.

## **2. Tahapan pembuatan benda uji**

### **a. Pemeriksaan material campuran beton**

- 1) Timbang material campuran beton, yaitu semen, agregat kasar (kerikil), material tambahan (SIKA FUME) dan air sesuai dengan berat yang telah ditentukan dalam rancangan campuran beton.
- 2) Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.

**b. Pencampuran beton**

- 1) Masukkan air kedalam mesin *mixer* sebanyak 80% dari yang telah ditentukan kemudian masukkan juga semen, agregat kasar (kerikil), material tambahan (SIKA FUME)
- 2) Lalu nyalakan mesin *mixer* agar adonan tercampur merata.
- 3) Masukkan sedikit demi sedikit sisa air yang tadi kedalam mesin yang berputar dengan tidak kurang dari 3 menit sampai airnya habis.
- 4) Jika campuran sudah matang (tercampur merata), mesin *mixer* kemudian dimatikan dan campuran beton dituang ke wadah.
- 5) Setiap variasi percobaan dilakukan pengadukan sebanyak 1 (satu) kali dan setiap pengadukan dilakukan pengujian nilai slump.

**c. Pemeriksaan nilai slump**

- 1) Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak 1/3 bagian dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali.
- 2) Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk, tunggu selama 30 detik kemudian angkat kerucut ke atas, nilai slump yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas beton setelah ditarik.
- 3) Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali uji nilai slump kemudian dirata-ratakan hasilnya.

**d. Pembuatan benda uji**

- 1) Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.
- 2) Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm, yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.
- 3) Cetakan diisi dengan campuran beton segar sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata dan cetakan penuh
- 4) Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan hingga rata dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

**3. Tahapan perawatan beton**

Setelah 24 jam beton dibuka dari cetakan, kemudian diberi tanda untuk selanjutnya dilakukan perendaman didalam bak air selama periode waktu yang telah ditentukan.

**4. Tahapan pengujian**

**a. Kuat tekan beton**

Pengujian kuat tekan pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 3, 14 dan 28 hari.

Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut:



- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan pada Universal Testing Machine.
- 3) Mesin Universal Testing Machine dihidupkankemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah,jarum manometer akan berhenti.

**b. Kuat tarik belah beton**

Pengujian kuat tarik belah pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tarik belah pada beton dengan umur beton rencana yaitu 28 hari.

Pada pengujian kuat tarik belah beton, langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan secara horizontal di atas pelat mesin Universal Testing Machine.
- 3) Mesin Universal Testing Machine dihidupkankemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tarik pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah,jarum manometer akan berhenti.

**c. Kuat lentur beton**

Pengujian kuat lentur pada beton bertujuan mengetahui nilai lentur tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 28 hari. Langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan pada mesin Concrete Beam Testing.
- 3) Mesin Concrete Beam Testing dihidupkan untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah,jarum manometer akan berhenti.

Jumlah sampel yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 24 buah slinder 8 balok. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah beton, pada tabel 3 dan tabel 4:

**Tabel 3. .Jumlah sampel dan variasi campuran beton (Slinder)**

| No    | Persentase <i>silica fume</i> | Kuat Tekan (Buah) |         |         | Tarik Belah | Total (Buah) |
|-------|-------------------------------|-------------------|---------|---------|-------------|--------------|
|       |                               | 3 Hari            | 14 Hari | 28 Hari |             |              |
| 1     | 0%                            | 3                 | 3       | 3       | 3           | 12           |
| 2     | 2%                            | 3                 | 3       | 3       | 3           | 12           |
| Total |                               |                   |         |         |             | 24           |

**Tabel 4.** Jumlah sampel dan variasi campuran beton (Balok)

| NO    | Variasi Campuran Beton<br>+ <i>silica fume</i> | Kuat Lentur 28 hari<br>(Buah) | Total<br>(Buah) |
|-------|------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 1     | 0%                                             | 2                             | 2               |
| 2     | 2%                                             | 2                             | 2               |
| Total |                                                |                               | 4               |

#### d. Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel berbentuk silinder dengan kurang diameter 15 cm tinggi 30 cm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya presentase pori-pori beton terhadap volume beton padat. Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642 – 97.

$$P = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\%$$

Dimana : P = Porositas (%)

A = Massa benda uji direndam (gr)

B = Massa SSD benda uji (gr)

C = Massa kering oven benda uji (gr)

#### E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 2 (dua) yaitu sebagai berikut:

##### 1. Data primer

Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan keausan (agregat kasar)
- d. Pemeriksaan berat volume agregat.
- e. Pemeriksaan kadar air agregat.
- f. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
- g. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- h. Kekentalan adukan beton segar (*Slump test*).
- i. Uji kuat tekan beton.
- j. Uji kuat tarik belah beton.

##### 2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai referensi yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan, baik itu dari Standar Nasional Indonesia, buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan,

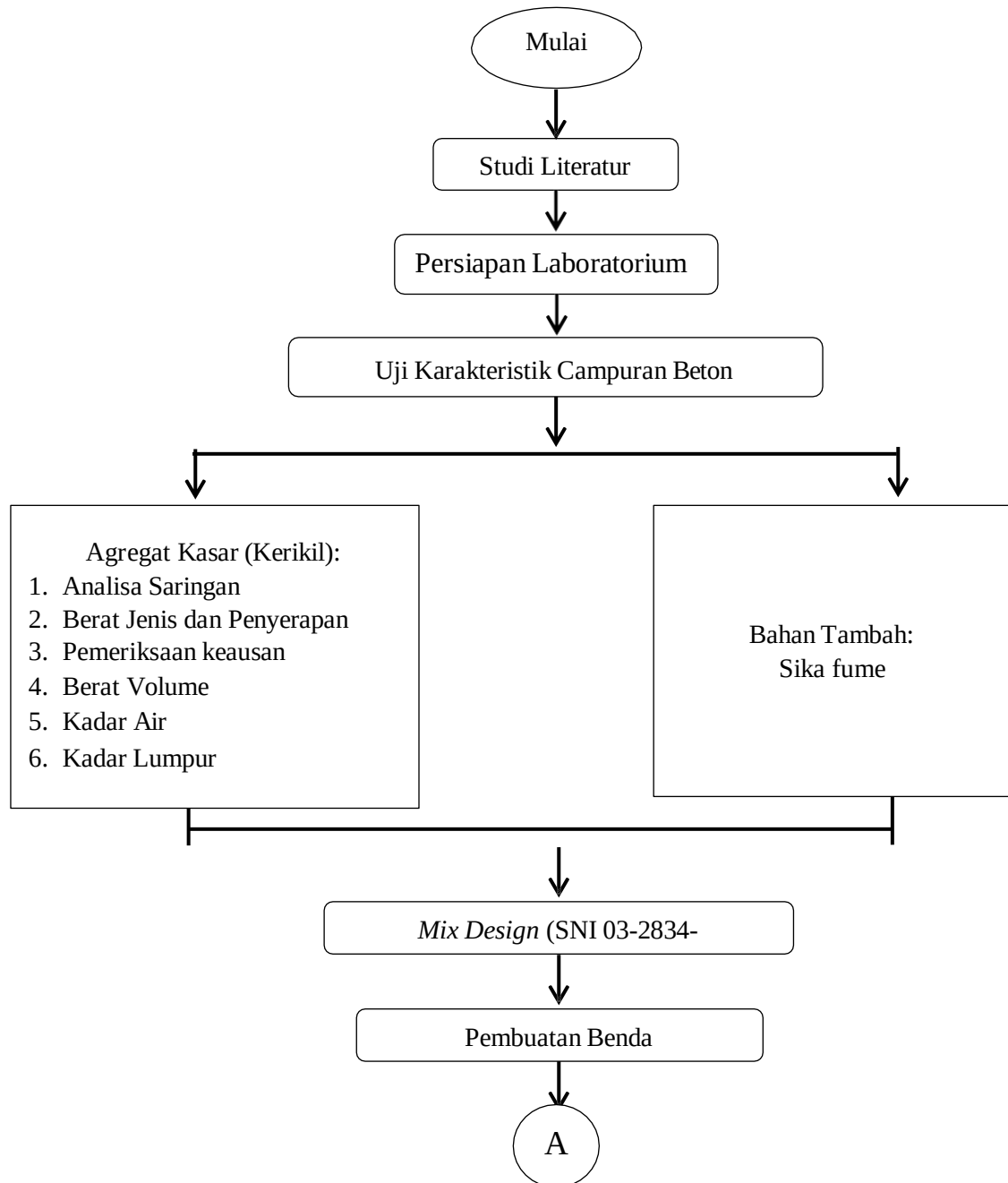
#### F. Teknik Analisis Data

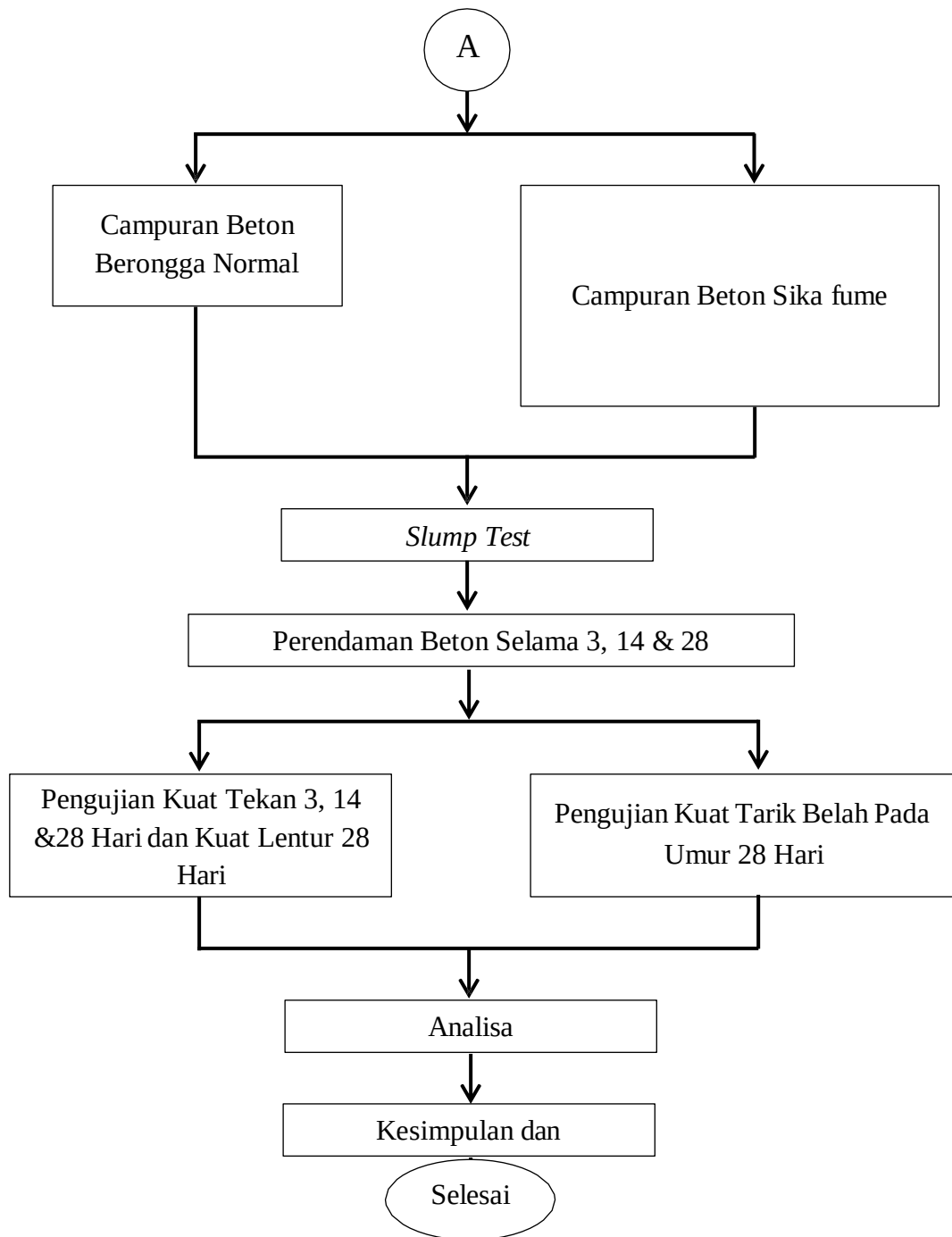
Teknik analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu data yang dihasilkan dari pengujian dan penelitian akan dikumpulkan kemudian

dilakukan analisa data sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari analisis data selanjutnya dibuat grafik atau kurva yang dapat mempermudah dalam menarik kesimpulan.

1. Analisis data pengujian agregat yang digunakan dalam campuran beton.
2. Analisis data perancangan campuran beton (*Mix Design*).
3. Analisis data uji kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton.

### G. Diagram Alir





**Gambar 10.** Diagram Alir

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Agregat kasar (kerikil)

**Tabel. 5.** Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar berdasarkan SNI ASTM C136:2012 (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)

| N O . | KARAKTERISTIK AGREGAT   | INTERVAL           | HASIL PENGAMATAN |       | NILAI RATA-RATA | KET.     |
|-------|-------------------------|--------------------|------------------|-------|-----------------|----------|
|       |                         |                    | I                | II    |                 |          |
| 1     | Kadar lumpur            | Maks 1%            | 1.0%             | 0.80% | 0.90%           | Memenuhi |
| 2     | Keausan                 | Maks 50%           | 17.2%            | 15%   | 16.1%           | Memenuhi |
| 3     | Kadar air               | 0.5% - 2%          | 1.52%            | 1.11% | 1.32%           | Memenuhi |
| 4     | Berat volume            |                    |                  |       |                 |          |
|       | a. Kondisi lepas        | 1.6 – 1.9 kg/liter | 1.48             | 1.79  | 1.64            | Memenuhi |
|       | b. Kondisi padat        | 1.6 – 1.9 kg/liter | 1.71             | 1.86  | 1.79            | Memenuhi |
| 5     | Absorpsi                | Maks 4 %           | 1.71%            | 2.67% | 2.19%           | Memenuhi |
| 6     | Berat jenis spesifik    |                    |                  |       |                 |          |
|       | a. Bj. Nyata            | 1.6 – 3.3          | 2.65             | 2.65  | 2.65            | Memenuhi |
|       | b. Bj. dasar kering     | 1.6 – 3.3          | 2.54             | 2.47  | 2.51            | Memenuhi |
|       | c. Bj. kering permukaan | 1.6 – 3.3          | 2.58             | 2.54  | 2.56            | Memenuhi |
| 7     | Modulus kehalusan       | 6.0 – 8.0          | 7.19             | 7.30  | 7.23            | Memenuhi |

Dari hasil pengujian material agregat kasar di atas, didapat bahwa agregat kasar sebagai bahan campuran beton, dapat digunakan karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

### B. Mix Design

#### 1. Data Material

- a. Kadar rongga udara : 15%
- b. Berat volume lepas agregat kasar : 1.639 kg/l
- c. Berat volume padat agregat kasar : 1.787 kg/l
- d. Berat jenis semen : 3 kg/m<sup>3</sup>
- e. FAS rencana : 0.35%
- f. Berat jenis (SSD) agregat kasar : 2.56 kg/m<sup>3</sup>
- g. Penyerapan agregat kasar : 2.19%

#### 2. Perhitungan

- a. Jumlah agregat kasar yang digunakan



**Tabel 6.** Jumlah Agregat Kasar yang Digunakan

| Persen Agregat | b/bo                       |                             |
|----------------|----------------------------|-----------------------------|
|                | ASTM C33/C33M<br>Size No.8 | ASTM C33/C33M<br>Size No.67 |
| 0              | 0.99                       | 0.99                        |
| 10             | 0.93                       | 0.93                        |
| 20             | 0.85                       | 0.86                        |

Ket : Berat volume lepas kerikil = b

Berat volume padat kerikil = bo

$$\frac{b}{bo} = \frac{1.639}{1.786} = 0.91\% \text{ agregat menurut tabel 4.2 di atas}$$

$$\text{berat agregat kasar} = \frac{b}{b/bo} = \frac{1.639}{0.91} = 1503,9 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, berat agregat kasar yang digunakan 1503,9 kg/m<sup>3</sup>

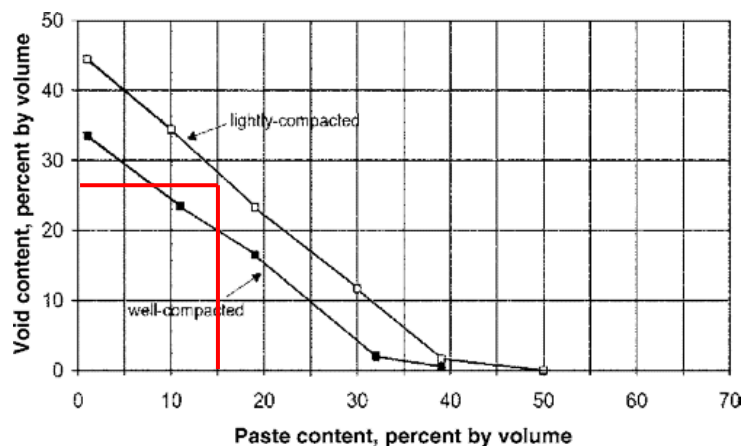
b. Berat agregat dalam kondisi SSD

Penyerapan air agregat kasar = 2.19%

$$\begin{aligned} \text{Berat penyerapan air} &= \text{penyerapan air} \times \text{berat agregat kasar} \\ &= 2.19 \times 1503,9 \\ &= 32.92 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Agregat SSD} &= \text{Berat penyerapan air} \times \text{berat agregat kasar} \\ &= 32.92 \times 1503,9 \\ &= 1536,82 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Penentuan Volume pasta semen



**Gambar 11.** Grafik Penentuan Pasta Semen

Pada tabel penentuan pasta semen kita ketahui bahwa penelitian ini mengangkat kadar rongga pada beton sebanyak 15% sehingga, terlihat jelas pada grafik di atas ketika kadar rongga yang di rencanakan sebanyak 15% maka kadar pasta semen berada pada titik garifk 28%. Jadi, dapat kita simpulkan bahwa volume semen dalam adukan 0.280 m<sup>3</sup>.

d. Penentuan berat semen

Faktor Air Semen Rencana = 0.35%

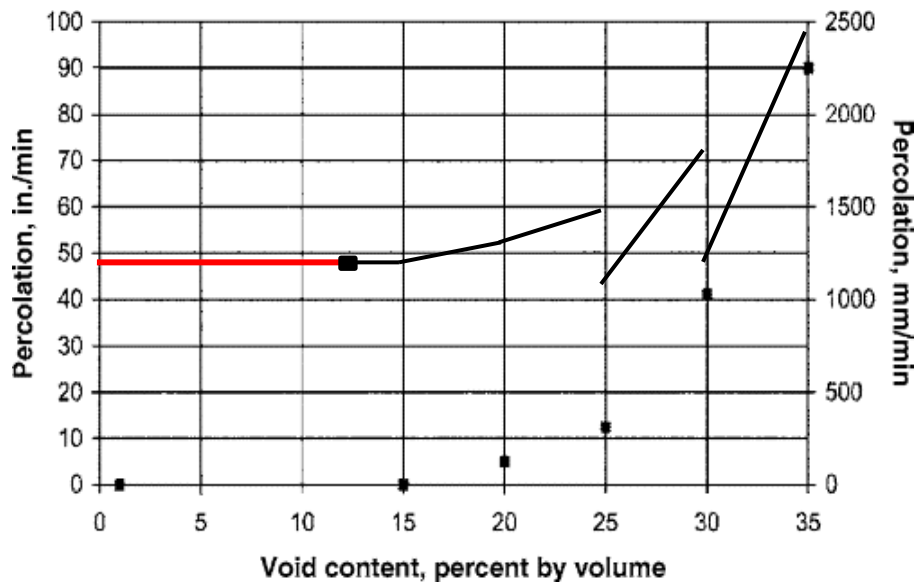
$$C = [(V_p/(3,15+fas))] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = [(0,23/(0,315+0,35))] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 430,76 \text{ kg/m}^3$$

e. Penentuan Berat air

$$\begin{aligned} W_{\text{air}} &= W_{\text{semen}} \times \text{FAS} \\ &= 430,76 \times 0,35 \\ &= 150,77 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 12.** Grafik Persen Void atau Permeabilitas

a. Perkiraan Volume padat pada tiap  $1\text{m}^3$  beton

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= 150,8 \text{ kg/m}^3 \\ &= 150,8 / 1000 \\ &= 0,15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Padat semen} &= 430,76 \text{ kg/m}^3 \\ &= 430,76 / 3 \times 1000 \\ &= 0,14 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume absolut agregat kasar} &= 1503,9 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1503,9 / 2,56 \times 1000 \\ &= 0,59 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume padat} &= V_{\text{air}} + V_{\text{padat Semen}} + V_{\text{agregat kasar}} \\ &= 0,15 + 0,14 + 0,59 \\ &= 0,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Perkiraan Void tiap  $1\text{m}^3$  beton

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Volume padat} &= 0,88 \text{ m}^3 \\ \text{Volume Void} &= 1 - 0,88 \\ &= 0,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Presentase Void} = 0,12 / 1 \times 100\% = 12\%$$

c. Perkiraan Permeabilitas

$$\text{Persen void} = 12\%$$

$$\text{Permeabilitas} = 4 \times 0,423 = 1.693 \text{ mm/s}$$

d. Komposisi Mix Design

Volume = 1m<sup>3</sup>  
 Berat Semen = 430,76 Kg  
 Berat air = 150,77 Kg  
 Berat Agregat Kasar = 1536,83 Kg  
 Total Berat = 2118,37 Kg

e. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Beton Berongga

1) Perencanaan 3 Slinder beton berongga normal

Ukuran Slinder 15x30 cm  
 Berat Semen = 7,88 Kg  
 Berat air = 2,76 Kg  
 Berat Agregat Kasar = 28,11 Kg

2) Perencanaan 3 Slinder beton berongga penambahan sikafume 2%

Ukuran Slinder 15x30 cm  
 Berat Semen = 7,88 Kg  
 Berat air = 2,76 Kg  
 Berat Agregat Kasar = 28,11 Kg  
 Berat Sikafume = 0,16 Kg

3) Perencanaan 1 Balok beton berongga normal

Ukuran Balok 600x15x15 cm  
 Berat Semen = 6,40 Kg  
 Berat air = 2,24 Kg  
 Berat Agregat Kasar = 22,82 Kg

4) Perencanaan 1 Balok beton berongga penambahan sikafume 2%

Ukuran Balok 600x15x15 cm  
 Berat Semen = 6,40 Kg  
 Berat air = 2,24 Kg  
 Berat Agregat Kasar = 22,82 Kg  
 Berat Sikafume = 0,13 Kg

### C. Nilai Slump Test

Pengujian nilai *Slump test* menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

**Tabel 7.** Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)

| NO | Variasi Campuran (Normal + SF) | Waktu campur (s) | Slump rencana (mm) | Slump lapangan (mm) |
|----|--------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| 1  | Normal (0%)                    | ± 90             | 75 – 100           | 80                  |
| 2  | 2%                             |                  |                    | 85                  |

Berdasarkan Tabel 5. memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran *Sika Fume*. maka dapat disimpulkan bahwa beton yang telah dicampur dapat digunakan karena telah memenuhi slump rencana.

#### D. Kuat Tekan Beton

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji silinder, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 3, 14 dan 28 hari sebanyak 24 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 2 (dua) variasi campuran, yaitu beton normal, beton *Sika Fume* dengan variasi campuran 2%. Untuk setiap variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan dengan luas penampang rata-rata 17662,5 mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan (fc)} = \frac{\text{Beban yang bekerja (P)}}{\text{Luas penampang benda (A)}}$$

Contoh perhitungan :

Diketahui : P = 345 kN = 345000 N

$$A = 3,14 \times (7,5)^2 = 176,625 \text{ cm}^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

$$f_c = \frac{345000}{17662,5} = 19,53 \text{ Mpa}$$

Hasil pengujian nilai Kkuat Tekan Beton :

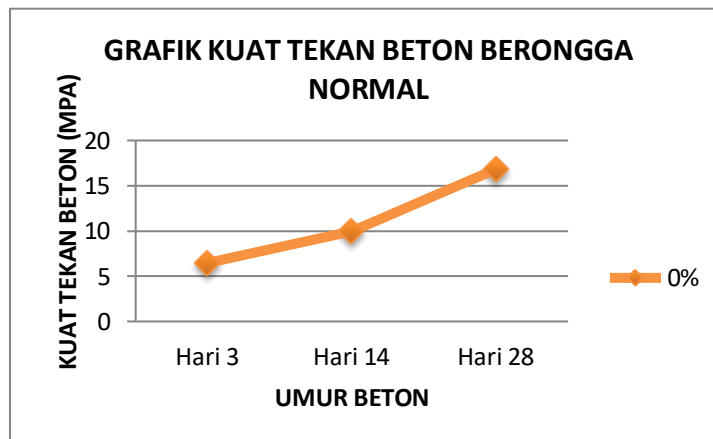
##### 1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian kuat tekan beton normal dilakukan pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Diperlihatkan pada tabel berikut berikut:

**Tabel 8.** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton *porous* normal

| No        | Umur (hari) | Berat (Kg) | Beban (KN) | Kuat tekan f <sub>c</sub> (Mpa) |
|-----------|-------------|------------|------------|---------------------------------|
| 1.        | 3           | 10.35      | 115        | 6.51                            |
| 2.        | 3           | 10.41      | 119        | 6.73                            |
| 3.        | 3           | 10.38      | 123        | 6.96                            |
| Rata-rata | 3           | 10.38      | 119        | 6,74                            |
| 1.        | 14          | 10.37      | 172        | 9.73                            |
| 2.        | 14          | 10.32      | 176        | 9.96                            |
| 3.        | 14          | 10.40      | 180        | 10.19                           |
| Rata-rata | 14          | 10,36      | 176        | 9.97                            |
| 1.        | 28          | 10.36      | 292        | 16.53                           |
| 2.        | 28          | 10.47      | 299        | 16.92                           |
| 3.        | 28          | 10.38      | 301        | 17.04                           |
| Rata-rata | 28          | 10,40      | 297        | 16.83                           |

Pada uji kuat tekan beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 3 hari sebesar 6,47 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 9,97 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 16,83 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu  $f_c$  3-18 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



**Gambar 13.** Grafik pengujian kuat tekan beton berongga normal

Pada grafik diatas dijelaskan bahwa kuat tekan beton normal mengalami peningkatan dari beton berumur 3 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 3,5 Mpa dan untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,86 Mpa.

## 2. Beton Berongga Variasi 2% Sika Fume

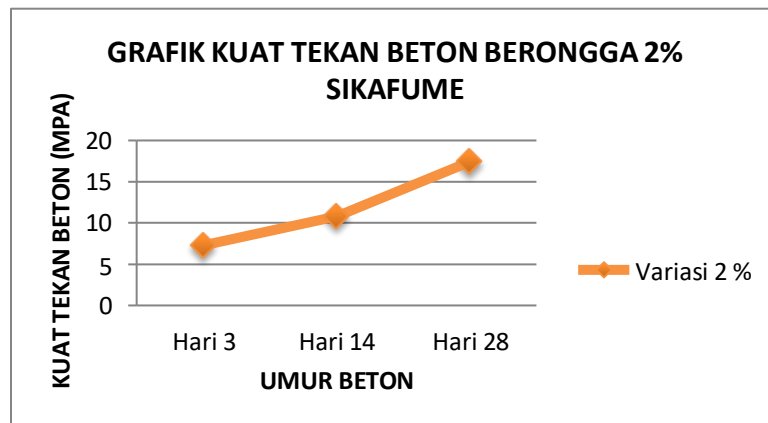
Dari hasil penelitian, Kuat Tekan beton Sika Fume variasi 2% dilakukan pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 9.** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton Sika Fume variasi 2%

| No        | Umur (hari) | Berat (Kg) | Beban (KN) | Kuat tekan $f_c$ (Mpa) |
|-----------|-------------|------------|------------|------------------------|
| 1.        | 3           | 10.53      | 125        | 7.07                   |
| 2.        | 3           | 10.55      | 128        | 7.24                   |
| 3.        | 3           | 10.56      | 133        | 7.53                   |
| Rata-rata | 3           | 10.55      | 128.6      | 7.28                   |
| 1.        | 14          | 10.51      | 186        | 10.53                  |
| 2.        | 14          | 10.59      | 190        | 10.75                  |
| 3.        | 14          | 10.57      | 197        | 11.15                  |
| Rata-rata | 14          | 10,56      | 191        | 10.81                  |
| 1.        | 28          | 10.61      | 298        | 16.87                  |
| 2.        | 28          | 10.59      | 309        | 17.49                  |
| 3.        | 28          | 10.59      | 316        | 17.89                  |
| Rata-rata | 28          | 10,60      | 307.6      | 17.42                  |

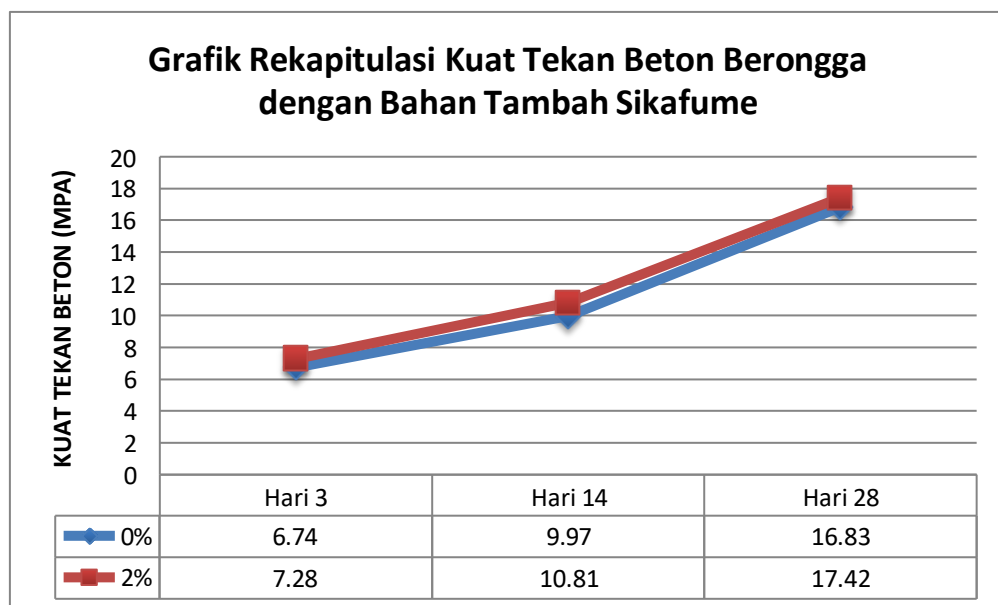
Pada uji kuat tekan beton untuk beton Sika Fume variasi 2% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 3 hari sebesar 7,28

Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 10,81 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 17,42 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu  $f_c$  3-18 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



**Gambar 14.** Grafik pengujian kuat tekan beton Sika Fume variasi 2%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton Sika Fume variasi 2% mengalami peningkatan dari beton berumur 3 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 3,53 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,61 Mpa.



**Gambar 15.** Grafik rekapitulasi kuat tekan beton berongga dengan bahan tambah Sika Fume.

Grafik di atas menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 3 hari adalah beton berongga 2% Sikafume sebesar 7,28 Mpa, pada umur 14 hari adalah beton Sika Fume variasi 2% sebesar 10,81 Mpa, dan pada umur 28 hari

adalah beton Sika Fume variasi 2% sebesar 17.42 Mpa. Grafik diatas juga menjelaskan bahwa semakin lama waktu beton maka kuat tekan pada beton semakin tinggi. Dan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 28 hari, yakni beton Sika Fume variasi 2% sebesar 17,42 Mpa.

#### E. Kuat Tarik Belah

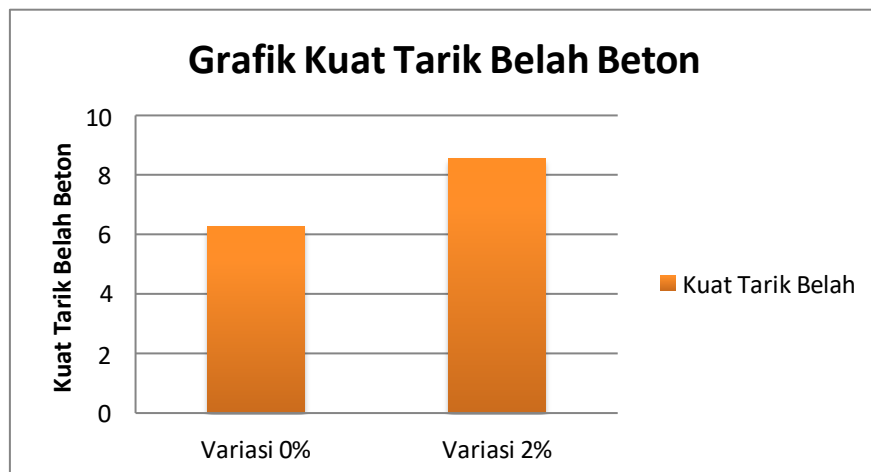
Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 6 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, beton Sika Fume variasi 2% yang masing-masing variasi terdiri dari 3 sampel. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari adalah sebagai berikut:

**Tabel 10.** Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton

| Variasi | Umur<br>Hari | Berat<br>Kg | Beban<br>KN | L<br>(mm) | D<br>(mm) | Kuat Tarik<br>Belah<br>(Mpa) |
|---------|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------------------------|
| 0%      | 28           | 10.32       | 141         | 300       | 150       | 6.265                        |
| 2%      | 28           | 10.35       | 147.5       | 300       | 150       | 8,555                        |

Pada uji kuat tarik belah beton didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata untuk beton normal sebesar 6,265 Mpa, untuk beton Sika Fume variasi 2% sebesar 8,555 Mpa. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan bahan tambah Sika Fume disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



**Gambar 16.** Grafik rekapitulasi kuat tarik belah beton

Grafik diatas menjelaskan bahwa nilai kuat tarik belah rata-rata untuk beton normal sebesar 6,265 Mpa, mengalami peningkatan sebesar 2,29 Mpa pada



beton Sika fume variasi 2% menjadi 8,555 Mpa. Grafik diatas juga menjelaskan bahwa nilai kuat tarik belah rata-rata tertinggi terjadi pada beton Sika Fume variasi 2% yakni 8,555 Mpa, dan nilai kuat tarik belah rata-rata terendah terjadi pada beton berongga normal yakni 6,265Mpa.

#### F. Kuat Lentur

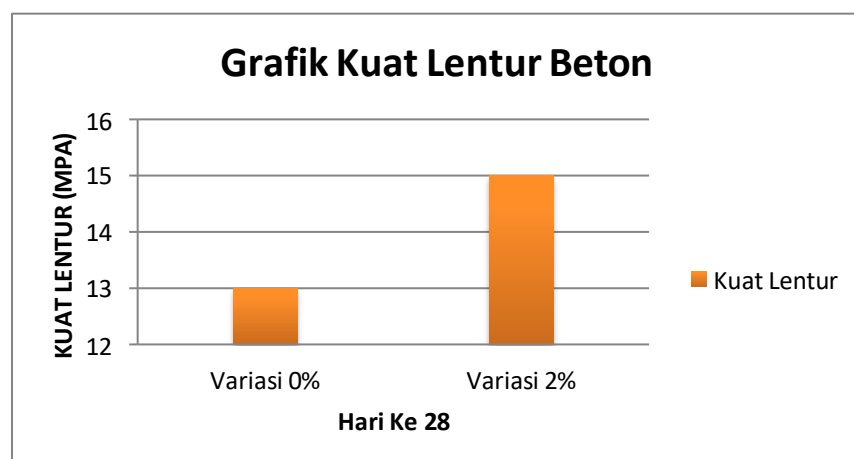
Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat benda uji berumur 3 dan 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa balok dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 8 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, beton Sika Fume variasi 2%. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat lentur beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat lentur beton dengan umur perawatan 3 dan 28 hari adalah sebagai berikut:

**Tabel 11.** Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur beton

| Variasi | Umur Hari | Berat Kg | Beban KN | P (mm) | L (mm) | T (mm) | Kuat Lentur (Mpa) |
|---------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|-------------------|
| 0%      | 28        | 28.451   | 13       | 600    | 150    | 150    | 2.311             |
| 2%      | 28        | 28.964   | 15       | 600    | 150    | 150    | 2.667             |

Pada uji kuat lentur beton didapatkan nilai kuat lentur rata-rata untuk beton normal 3 hari sebesar 1,067 Mpa dan untuk beton normal 28 hari sebesar 2,311 Mpa. Sedangkan nilai kuat lentur rata-rata untuk beton Sika Fume variasi 2% di hari ke 3 sebesar 1,244 Mpa dan dihari ke 28 sebesar 2,667 Mpa. Rekapitulasi hasil pengujian kuat lentur beton dengan bahan tambah Sika Fume disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



**Gambar 17.** Grafik rekapitulasi kuat lentur beton berongga

Grafik diatas menjelaskan bahawa nilai kuat lentur rata-rata untuk beton normal di hari ke-28 sebesar 13 Mpa. Sedangkanpada beton Sika fume variasi 2% di hari ke-28 sebesar 15 Mpa.

### G. Hasil Pengujian Porositas

Setelah melalui proses pembuatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian prositas terhadap benda uji tersebut. Pengujian porositas dilakukan pada benda berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 2 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, beton Sika Fume variasi 2%. Adapun hasil dari pengujian porositas beton adalah sebagai berikut:

**Tabel 10.** Rekapitulasi hasil pengujian porositas beton

| No | Variasi | Benda Uji<br>Dalam Air (kg) | Benda Uji<br>SSD (kg) | Benda Uji<br>Kering (kg) | Porositas (%) |
|----|---------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|
| 1. | 0%      | 7.573                       | 10.429                | 10.184                   | 8.57          |
| 2. | 2%      | 7.818                       | 10.712                | 10.487                   | 7.77          |

Dari pengujian porositas beton pada tabel diatas dapat dilihat bahwa beton normal tanpa menggunakan bahan tambah sika fume memiliki rongga yang begitu besar di bandingkan dengan beton dengan bahan tambah sika fume sebesar 2%. Dimana porositas yang didapatkan pada beton normal sebesar 8.57% dari volume keseluruhan beton dalam hal ini slinder berukuran 15 x 30 cm, sedangkan porositas yang didapatkan pada beton campuran 2% sika fume sebesar 7.77% dari total volume beton.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Kuat tekan karakteristik beton ( $f'_c$ ) optimum dicapai pada beton umur 28 hari dengan penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen, dimana kuat tekannya meningkat sebesar 0,74% terhadap beton normal.
2. Beton Porous usia 28 hari dengan penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 2,24% terhadap kuat tarik belah beton normal.
3. Balok usia 28 hari dengan uji kuat lentur beton optimum dicapai pada penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen, dimana kuat lenturnya meningkat sebesar 0,27% terhadap beton normal.

### B. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai atau tentang hal penggunaan Sika Fume sebagai bahan tambah dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian yang sama dimasa yang akan datang sangat disarankan menggunakan bahan superplasticiter seperti yang disarankan dalam produk Sika fume agar dapat tetap menjaga kadar air campuran beton

2. Untuk penelitian lebih lanjut mengenai variasi penggunaan Sika Fume dalam campuran beton menggunakan nilai persentase yang lain serta penggunaan bahan tambah lain yang memiliki fungsi yang sama dengan penelitian ini agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
3. Untuk penelitian selanjutnya, penggunaan bahan tambah Sika Fume khusus pada variasi yang menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton, optimal dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik beton lainnya.
4. Untuk penelitian selanjutnya lebih memperhatikan tahap-tahap pencampuran agar mendapatkan hasil pengujian yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kushendrahayu, K., Basuki, A., Purwanto, E. (2015). Nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Pada Beton Beragregat Kasar Pet Dengan Penambahan Silica Fume Dan Serat Baja Sebagai Bahan Panel Dinding. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 688-694.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Mulyono, T. (2015). *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Universitas Negeri Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan.
- Nursandah, A., Utomo, S., Hutama, D. A. (2018). Pengaruh Penambahan Bahan Admixture Consol SG Terhadap Kuat Tekan Beton. *Agregat*. 3(1): 175-181.
- Pratama, D., Astuti, R. F., Rochadi, M. T., Kusdiyono. (2018). Kajian Eksperimen Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Adhesif Untuk Perbaikan Keramik Dinding. *Wahana Teknik Sipil*. 23(1): 1-10.
- Pratama, E., Hisyam, E. S. (2016). Kajian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Kertas (Papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon. *Jurnal Fropil*. 4(1): 28-38.
- Rahmat., Hendriyani, I., Anwar, M. S. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture. *Info Teknik*. 17(2): 205-218.
- Rahady, M. A., Teguh, M. (2017). *Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Pada Self Compacting Concrete (SCC)*. Prosiding Kolokium Simatupang, P. H., Nasjono, J. K., Mite, K. G. (2017). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete. *Jurnal Teknik Sipil*. 6(2): 219-230.
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional.

SNI-2417:2008. *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2816-1992. *Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Campuran Mortar atau Beton*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1971-1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standarisasi Nasional

SNI 03-4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 MM)*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-4804-1998. *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1970-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional

SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-6827-2002. *Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-6826-2002. *Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland Dengan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.

Tjokrodinuljo, & Kardiyo. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.

Wicaksono, W. S., Wibowo., Safitri, E. (2018). Pengaruh Kadar Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Pada High Strength Self Compacting Concrete (HSSCC) Benda Uji Silinder D 7,5 cm x 15cm Usia 14 Dan Hari. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 638-645.

Zamroni., Susanti, E., Kamarul, D. (2020). Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Tipe C Pada Kekuatan Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*. 1(1): 1-10.

## LAMPIRAN

### Lampiran-11 Brosur Sika Fume

Konstruksi

**Lembar Data Teknis**  
Edisi 2, 2005  
Identifikasi no.  
02.01.01.05.000.0.000019  
Versi no. 0010  
**SikaFume®**

## SikaFume®

### Asap Silika Padat

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Keterangan</b>          | SikaFume adalah aditif beton generasi baru dalam bentuk bubuk halus berdasarkan teknologi Silica fume. SikaFume digunakan sebagai aditif efektif tinggi untuk produksi beton berkualitas tinggi. Sesuai dengan ASTM C 1240-00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Menggunakan</b>         | SikaFume digunakan untuk meningkatkan densitas, daya tahan dan kuat tekan beton.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Keuntungan</b>          | <p>Penggunaan SikaFume meningkatkan karakteristik kinerja beton dengan cara berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Peningkatan kemampuan kerja selama periode waktu yang lebih lama.</li><li>- Peningkatan keompakan dan stabilitas beton hijau</li><li>- Daya tahan sangat meningkat.</li><li>- Permeabilitas air beton sangat berkurang</li><li>- Permeabilitas terhadap gas sangat menurun</li><li>- Sangat meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi</li><li>- Infiltrasi klorida sangat berkurang</li><li>- Kekuatan awal dan pampungan yang sangat tinggi</li></ul> <p>SikaFume tidak mengandung klorida atau zat yang berpotensi korosif lainnya. Oleh karena itu dapat digunakan dengan keamanan penuh dalam beton bertulang dan pretekan</p> |
| <b>Dosis</b>               | <p>3% - 10% berat semen</p> <p>SikaFume kompatibel dengan sebagian besar campuran Sika.</p> <p>Silakan berkonsultasi dengan Divisi Layanan Teknis kami untuk informasi lebih lanjut.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Petunjuk penggunaan</b> | <p>SikaFume harus dicampur kering dengan komponen beton lainnya sebelum ditambahkan air pencampur. Setelah air ditambahkan, pencampuran lebih lanjut diperlukan untuk memungkinkan pemerataan bahan di seluruh campuran beton.</p> <p>Untuk meningkatkan efektivitas, disarankan untuk memasukkan plasticizer super seperti Sikament-range ke dalam campuran beton.</p> <p>Dianjurkan untuk melakukan campuran percobaan untuk menetapkan tingkat dosis yang tepat yang diperlukan.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Data teknis</b>         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Membentuk</b>           | Bubuk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Warna</b>               | keabu-abuan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Kepadatan Massa</b>     | Kira-kira 0,60 kg/ltr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Umur simpan</b>         | Minimal 3 tahun jika disimpan dengan benar dalam tas aslinya di tempat yang kering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Penyimpanan</b>         | Tempat yang kering dan teduh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Kemasan</b>             | tas 20kg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



  
Daftar isi

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Penanganan</b><br><b>Tindakan pencegahan:</b> | <p>SikaFume adalah produk bedak.</p> <p>Mengenakan masker dianjurkan saat menuangkan produk ke dalam mixer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hindari kontak dengan kulit dan mata</li> <li>- Kenakan sarung tangan pelindung, masker dan pelindung mata selama bekerja</li> <li>- Jika terjadi kontak kulit, cuci kulit secara menyeluruh.</li> <li>- Jika terkena mata, buka mata, siram dengan air hangat dan segera cari pertolongan medis.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Catatan Hukum</b>                             | <p>Informasi, dan, khususnya, rekomendasi yang berkaitan dengan penerapan dan penggunaan akhir produk Sika, diberikan dengan itikad baik berdasarkan pengetahuan dan pengalaman Sika saat ini tentang produk saat disimpan, ditangani, dan diterapkan dengan benar dalam kondisi normal sesuai dengan rekomendasi Sika. Dalam praktiknya, perbedaan bahan, substrat, dan kondisi lokasi sebenarnya sedemikian rupa sehingga tidak ada jaminan sehubungan dengan kelayakan untuk diperdagangkan atau kesesuaian untuk tujuan tertentu, atau kewajiban apa pun yang timbul dari hubungan hukum apa pun, yang dapat disimpulkan baik dari informasi ini, atau dari setiap rekomendasi tertulis, atau dari saran lain yang ditawarkan. Pengguna produk harus menguji kesesuaian produk untuk aplikasi dan tujuan yang dimaksudkan. Sika berhak mengubah properti produknya. Hak milik pihak ketiga harus diperhatikan. Semua pesanan diterima dengan tunduk pada ketentuan penjualan dan pengiriman kami saat ini. Pengguna harus selalu mengacu pada edisi terbaru dari Lembar Data Produk lokal untuk produk yang bersangkutan, salinannya akan diberikan berdasarkan permintaan.</p> |



**PT. Sika Indonesia**  
 Jl. Raya Cibinong-Bekasi km. 20  
 Limusunggal- Cileungsi  
 BOGOR 16820 - Indonesia  
 Telp. + 62 21 8230025  
 Fax + 62 21 8230026  
 Website : [www.sika.co.id](http://www.sika.co.id)  
 identitas: [sikacare@id.sika.com](mailto:sikacare@id.sika.com)

**Ranting**  
 Surabaya :  
 Puri Niaga Blok G No.29, Jl. Raya Rungkut Menanggal 11, Surabaya  
 Telp : 031-8690202 ; Faks : 031-8682123  
 Medan :  
 Jl. Pancing / Jl. Willem Iskandar No.75 & 75 A, Kec. Medan Tembung  
 Telp : 061- 6619500; Faks : (061) 6619400  
 Batam :  
 Jl. Laksamana Bintan, Komp. Bumi Riau Makmur Blok E No.3, Sungai Panas Telp :  
 (0778) 424928; Faks : (0778) 450189



## Lampiran-Dokumentasi percobaan laboratorium



ANALISA SARINGAN



LOS ANGLES



PENCUCIAN AGREGAT





PENIMBANGAN MATERIAL



PROSES PENCAMPURAN



UJI SLUMP



PENCETAKAN SLINDER



PENCETAKAN BALOK



PENGUJIAN KUAT TEKAN



PENGUJIAN KUAT BELAH



PENGUJIAN KUAT LENTUR