



**UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

**ANALISIS PENGARUH ABU CANGKANG  
KEMIRI TERHADAP SIFAT FISIS DAN  
MEKANIK BETON NORMAL**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan**

**Try Maysi Marpaung  
NIM 4163240020  
Program Studi Fisika**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
MEDAN  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**Analisis Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat  
Fisis Dan Mekanik Beton Normal**

**Nama** : Try Maysi Marpaung  
**Nim** : 4163240020  
**Program Studi** : Fisika  
**Jurusan** : Fisika

**Menyetujui:**  
**Dosen Pembimbing Skripsi,**



**H. Abdul Rais, S.Pd., ST, M.Si**  
**NIP.197007142008011010**

**Mengetahui:**

**Fakultas MIPA Unimed**  
**Dekan,**



**Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si**  
**NIP.196607281991032002**

**Jurusan Fisika**  
**Ketua,**



**Dr. Wawan Bunawan, M.Pd., M.Si**  
**NIP.196812051993031001**

**Tanggal Lulus : 27 April 2021**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS\*)

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa naskah skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk dalam naskah telah saya nyatakan dengan benar dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari diketahui dan dapat dibuktikan bahwa ternyata di dalam naskah skripsi ini terdapat unsur-unsur jiplakan atau plagiasi maka saya bersedia jika skripsi ini dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Medan, 27 Juli 2021

Yang Menyatakan,



Try Maysi Marpaung

NIM.4163240020

*\*) Skripsi dengan pernyataan bermaterai asli hanya satu saja, yang lain dapat berisi*

*copy dari surat pernyataan tersebut; skripsi bermaterai asli disimpan di Jurusan.*

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Negeri Medan, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Try Maysi Marpaung  
NIM : 4163240020  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Negeri Medan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Beton Normal

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Negeri Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan semestinya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 27 Juli 2021

Yang menyatakan,



Try Maysi Marpaung  
NIM.4163240020

## RIWAYAT HIDUP



Try Maysi Marpaung, penulis skripsi berjudul Pengaruh abu cangkang kemiri terhadap sifat dan mekanik beton Normal , dilahirkan di Lumban Bao pada tanggal 22 Mei 1999. Penulis adalah anak ketiga (dari empat bersaudara) dari pasangan Timbul Marpaung (Ayah) Rosmawaty Doloksaribu (Ibu). Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 173677 Janjimatogu pada tahun 2004 dan lulus pada tahun 2010. Kemudian, penulis melanjutkan studi di SMP N 1 ULUAN dan tamat pada tahun 2013. Pendidikan SMA, Jurusan IPA, ditempuh selama 3 tahun mulai tahun 2013 sampai tahun 2016 di SMA N 1 Pematang Siantar . Pada tahun 2016, melalui jalur SBMPTN, penulis diterima menjadi salah satu mahasiswa di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan. Selama menempuh kuliah di Unimed, penulis pernah mengikuti kegiatan antara lain Magang di PT. Toba Pulp Lestari Tbk di Desa Pangombusan, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba, Sumatera Utara, Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Hutabolon, Samosir. Penulis tertarik mengambil kajian bidang studi Fisika Material.

## ABSTRAK

### **Try Maysi Marpaung , NIM 4163240020 (2021). Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat Dan Mekanik Beton Normal**

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan dalam kegiatan konstruksi, baik pada konstruksi bangunan gedung, jalan maupun konstruksi bangunan air. Salah satu keunggulan beton yaitu ketahanan beton terhadap tekanan dan bertahan lama ( *durability* ). Dalam penelitian ini, peneliti mencoba mengamati dampak dari adanya kadar silika yang terdapat pada abu cangkang kemiri yang digunakan untuk menggantikan semen pada beton terhadap daya serap air dan kuat tekan beton itu sendiri. Pengujian daya serap air dan kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, terjadi penurunan daya serap air dan peningkatan kuat tekan beton. Peningkatan terjadi hingga penggunaan abu cangkang kemiri 10%. Kuat tekan yang didapat dengan penggunaan abu cangkang kemiri 10% yaitu sebesar 26.6 Mpa, mengalami peningkatan sebesar 1.7 % dibandingkan dengan kuat tekan beton normal. Ini dikarenakan silika bereaksi secara optimal dengan kapur bebas pada beton. Dari hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) beton dengan penggunaan abu cangkang kemiri sebagai pengganti semen terhadap struktur mikro tidak terlalu berbeda apabila dibandingkan dengan beton normal, beton dengan penambahan abu cangkang kemiri dengan variasi perendaman air belerang memiliki rongga yang lebih sedikit dan lebih kecil.

***Kata Kunci*** : *Kuat Tekan Beton, Daya Serap Air, Scanning Electron Microscope (SEM), Abu cangkang kemiri, air belerang*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat yang diperlukan untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Negeri Medan (Unimed). Judul yang dipilih dalam penelitian ini adalah “Pengaruh abu cangkang kemiri terhadap sifat dan Mekanik Beton Normal ”.

Penyusunan skripsi ini telah melalui berbagai tahapan sesuai dengan prosedur standar yang berlaku di FMIPA Unimed, mulai dari tahap penentuan topik penelitian, Penyusunan dan seminar proposal, pelaksanaan penelitian, Penyusunan Skripsi, dan ujian mempertahankan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi, penulis ingin mengucapkan terimakasih istimewa kepada orang tua tercinta penulis Ayahanda Timbul Marpaung dan Ibunda Rosmawaty Doloksaribu S.Pd, serta saudara-saudara saya terkasih abang saya Rizki Marpaung, Dodi Marpaung S.T, Eda saya Meyliza Tampubolon S.Pd dan adik saya Nofri Marpaung atas dukungan, semangat, motivasi, kepedulian, kasih sayang bahkan materil yang selalu diberikan kepada penulis.

Penulis juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada Bapak H. Abdul Rais, S.Pd., ST, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan saran kepada Penulis hingga selesainya skripsi ini. Kepada Bapak Dr. ABD. Hakim S, M.Si, Bapak Dr. Juniastel Rajagukguk, M.Si, dan Ibu Dr. Maryati Evivani Doloksaribu, S.Si., M.Si selaku dosen Pemberi saran yang telah memberikan saran dan kritik kepada Penulis dalam penyusunan skripsi

ini. Kepada Ibu Rugaya M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama perkuliahan. Bapak Dr. Wawan Bunawan, M.Pd., M.Si. selaku ketua Jurusan Fisika Universitas Negeri Medan. Bapak Mukti Hamjah Harahap, M.Si selaku Kepala Laboratorium Fisika Universitas Negeri Medan. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf dan Pegawai Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan. terkhusus Abang Arman Doli Subandi Tumanggor, S.Pd yang telah memberikan ilmu kepada Penulis. Kak Fanny Novita Purba yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian.

Teruntuk sahabat baik saya Octavia Hasibuan yang telah menjadi bagian hidup saya dari kecil terimakasih selalu ada disaat susah dan senang ,selalu memberi dukungan kepada penulis dalam segala hal. Teruntuk kelas Fisika nondik 2016 teman seperjuangan selama perkuliahan terimakasih atas kenangannya terkhusus Michael Jordan, Ryvaldo, lady terimakasih untuk jadi yang terdekat selama perkuliahan . Teruntuk teman teman terbaik dan terspecial Ana Mulyana, Jovita Sidauruk, Junita Panjaitan, Jesika Sidauruk , Janfyven, Anugrah Sibuea terimakasih telah menjadi teman berbagi dan bertumbuh selama di Medan dan tempat berbagi keluh kesah selama perskripsian, terimakasih atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan pada penulis. Dan tak lupa untuk teman teman yang selalu mendukung penulis Anggita Simanjuntak, Dita Panjaitan , Herlina Sitepu, Jeksen, Poltak Sirait, Andos Sinaga, Firman Marpaung, seluruh anggota Sapma PBB Dpc Kota Medan terimakasih atas seluruh bantuan , motivasi dan doa untuk penulis

Terimakasih buat seluruh pihak yang berkontribusi untuk penyusunan skripsi ini, juga sumber-sumber yang terkait tidak dapat penulis sampaikan satu persatu. Akhirnya penulis berharap kiranya skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Medan , 2 maret 2021

Penulis

Try Maysi Marpaung

4163240020



## DAFTAR ISI

|  | Halaman    |
|--|------------|
| <b>Lembar Pengesahan</b>                                   | <b>i</b>   |
| <b>Riwayat Hidup</b>                                       | <b>ii</b>  |
| <b>Abstark</b>   | <b>iii</b> |
| <b>Kata Pengantar</b>                                      | <b>iv</b>  |
| <b>Daftar Isi</b>  | <b>vi</b>  |
| <br>   |            |
| <b>Daftar Gambar</b>                                       | <b>ix</b>  |
| <b>Daftar Tabel</b>  | <b>x</b>   |
| <br>   |            |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                   | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang   | 1          |
| 1.2 Batasan Masalah  | 4          |
| 1.3 Rumusan Masalah  | 4          |
| 1.4 Tujuan Penelitian                                      | 4          |
| 1.5 Manfaat Penelitian                                     | 5          |
| <br>   |            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                             | <b>6</b>   |
| 2.1 Beton  | 6          |
| 2.1.1. Jenis-jenis beton                                   | 8          |
| 2.1.2. keunggulan dan kelemahan beton                      | 10         |
| 2.1.3. Aduka beton   | 11         |
| 2.2 Semen  | 12         |
| 2.2.1. Semen <i>Portland</i>                               | 12         |
| 2.2.1.1. Sifat fisik dan sifat kimia semen <i>Portland</i> | 14         |
| 2.3 Pasir  | 16         |
| 2.4 Air  | 17         |
| 2.4.1. Air tawar   | 18         |
| 2.4.2. Air belerang  | 18         |
| 2.5. Faktor air semen                                      | 19         |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.6. Agregat  | 20        |
| 2.6.1. Agregat kasar                                  | 20        |
| 2.6.2. Agregat halus                                  | 21        |
| 2.6.3. Bentuk butiran                                 | 22        |
| 2.6.4. bentuk permukaan agregat                       | 23        |
| 2.7 Cangkang kemiri                                   | 23        |
| 2.8 Karakteristik beton                               | 25        |
| 2.8.1. Daya serap air                                 | 25        |
| 2.8.2. Kuat tekan                                     | 26        |
| 2.8.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton | 27        |
| 2.8.4. Kuat tarik                                     | 29        |
| 2.9 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)         | 30        |
| <br>  |           |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                      | <b>31</b> |
| 3.1 Tempat dan waktu penelitian                       | 31        |
| 3.2 Alat dan bahan                                    | 31        |
| 3.2.1. Alat   | 31        |
| 3.2.2. Bahan  | 32        |
| 3.3 prosedur penelitian                               | 32        |
| 3.3.1. Persiapan bahan                                | 32        |
| 3.3.2. Prosedur pembuatan sampel                      | 33        |
| 3.4 Perencanaan campuran beton                        | 34        |
| 3.5 Perawatan beton                                   | 37        |
| 3.6 Pengujian sampel                                  | 37        |
| 3.6.1. Daya serap air                                 | 37        |
| 3.6.2. Kuat tekan beton                               | 38        |
| 3.6.3. Kuat Tarik beton                               | 38        |
| 3.7 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)     | 38        |
| 3.8 Teknik analisis data                              | 39        |
| 3.8.1. Pengujian daya serap air                       | 39        |
| 3.8.2. Pengujian kuat tekan                           | 39        |
| 3.9. Diagram alir                                     | 40        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Bab IV Pembahasan</b>                                     | <b>41</b> |
| 4.1 Hasil Penelitian   | 41        |
| 4.1.1. Kuat Tekan  | 41        |
| 4.1.2. Daya Serap Air  | 45        |
| 4.1.3 Scanning Electron Microscope (SEM)                     | 48        |
| 4.2 Analisis Hasil <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) | 50        |
| <b>Bab V Penutup</b>   | <b>52</b> |
| 5.1 Kesimpulan   | 52        |
| 5.2 Saran  | 52        |
| <br>   |           |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>  | <b>53</b> |
| <b>Lampiran</b>  | <b>56</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Gambar 2.1 Alat uji tekanan   | 26             |
| Gambar 3.1 Cetakan berbentuk kubus  | 33             |
| Gambar 4.1 Diagram batang hasil pengujian kuat tekan beton dengan perendaman air biasa                              | 43             |
| Gambar 4.2 diagram batang Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Belerang                           | 43             |
| Gambar 4.3 Diagram batang Pengaruh Perendaman Dan Persentase abu cangkang kemiri Terhadap Daya Serap Air Pada Beton | 43             |
| Gambar 4.4 diagram batang Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air Biasa                                | 47             |
| Gambar 4.5 diagram batang Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air Belerang                             | 47             |
| Gambar 4.6 Diagram batang Pengaruh Perendaman Dan Persentase Abu cangkang kemiri Terhadap kuat tekan Pada Beton     | 47             |
| Gambar 4.7 Hasil Uji SEM Beton Normal Direndam Air Biasa  | 48             |
| Gambar 4.8 Hasil Uji SEM Pada Beton Dengan Penambahan Abu cangkang  | 49             |
| Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Pada Beton Normal dengan perendaman air Belerang   | 49             |
| Gambar 4.10 Analisis Pori Partikel Campuran Komposisi Beton Pada Sampel $A_3, C_3, C_5$                             | 50             |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Komposisi bahan adukan beton                                    | 6       |
| Tabel 2.2 Komposisi adukan beton  | 12      |
| Tabel 2.3 Empat senyawa utama semen <i>Portland</i>                       | 15      |
| Tabel 3.1 Alat Penelitian   | 31      |
| Tabel 3.2 Bahan Penelitian  | 32      |
| Tabel 3.3 Rencana komposisi adukan beton dengan agregat                   | 34      |
| Table 3.4 Jumlah Sampel Beton dan Umur Pengujian                          | 35      |
| Tabel 3.5 Perbandingan agregat pada setiap sampel                         | 36      |
| Table 3.6 keterangan kode sample  | 36      |
| Tabel 3.7 standarisasi yang dipakai                                       | 40      |
| Table 4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Biasa    | 42      |
| Table 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air belerang | 42      |
| Table 4.3 Hasil Pengujian Daya Serap Air Pada Perendaman Air Biasa        | 47      |
| Table 4.4 Hasil Pengujian Daya Serap Air Pada Perendaman Air Belerang     | 47      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan perumahan, perhubungan dan industri berdampak pada peningkatan kebutuhan bahan-bahan pendukungnya. Salah satu yang meningkat tajam adalah kebutuhan terhadap produk Beton. Beton dibuat dengan menggunakan Semen, pasir, kerikil, dan air. Dalam pembuatan Beton harus mempunyai sifat fisis dan mekanis sesuai dengan standar, misalnya SNI (Standart Nasional Indonesia).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak dipergunakan dalam struktur bangunan modern. Beton sangat banyak digunakan untuk konstruksi di samping kayu dan baja. Hampir 60% material yang digunakan dalam konstruksi adalah beton (*concrete*) yang dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Beton pada umumnya dicampur dengan semen *Portland*, sesuai dengan perkembangan teknologi untuk memperbaiki sifat-sifat beton dan kinerja beton dengan biaya yang murah tanpa mengurangi mutunya maka beton diberi bahan tambahan seperti pemanfaatan limbah buangan serat ijuk, sabut kelapa, serat nilon, abu sekam padi, ampas tebu, sisa kayu, limbah gergajian, abu cangkang sawit, abu terbang (*fly ash*), mikrosilika (*silica fume*), cangkang kemiri dan lain-lain (Mulyono, 2004).

Beton juga memiliki banyak kelebihan antara lain, kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap perubahan cuaca, lebih tahan terhadap suhu tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan mudah dikerjakan dengan cara mencampur semen, agregat, air, dan bahan tambahan lain bila diperlukan. Selain memiliki kelebihan beton juga memiliki suatu kelemahan secara struktural yaitu kuat Tarik yang relative rendah, sifat getas, dan berat jenisnya sehingga terbatas dalam penggunaannya. Pada struktur yang dipengaruhi Tarik yang sangat besar, bagian Tarik beton akan segera retak sekalipun mendapat tegangan yang tidak begitu besar. Hal ini disebabkan adanya retak rambut yang merupakan sifat alami dari beton. Nilai kuat Tarik beton hanya berkisar 9% - 15% dari nilai kuat tekannya. Untuk itu

dibutuhkan bahan tambahan yang dapat memperbaiki karakteristik beton yang berkualitas (Hutabarat, 2006).

Sesuai dengan perkembangan teknologi, beberapa peneliti terus memperbaiki sifat beton antara lain menambah serat ke dalam adukan yang disebut beton serat, yaitu beton yang dibuat dari campuran semen dengan agregat halus dengan bahan tambahan serat. Jenis serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton adalah baja, plastik, kaca, karbon, dan serat alamiah (kulit kemiri).

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia, produksi kemiri nasional terus meningkat dari 94.005 ton pada tahun 2004 menjadi 107.154 ton pada tahun 2013 . Kemiri mempunyai dua lapis kulit yaitu kulit buah dan cangkang, dimana dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% biji inti dan 70% cangkang. Tidak terbayangkan 65.803,5 ton sampah cangkang kemiri pada tahun 2004 meningkat menjadi 75.007,8 ton pada tahun 2013. Peningkatan limbah cangkang kemiri ini sebesar 12,27% selama 10 tahun terakhir. Menurut data dari BPS provinsi Sumatera Utara, Sumatera Utara memproduksi kemiri sebesar 12.564,46 ton per tahun. Dimana berat cangkang kemiri adalah 70% dari berat total kemiri sehingga total limbah cangkang kemiri yang dihasilkan pertahun adalah sebesar 8795,122 ton. Kulit kemiri merupakan salah satu bahan tambah ataupun pengganti pada agregat yang akhir-akhir ini mulai diteliti dampaknya terhadap campuran pada beton. Penggunaan kulit kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cangkang kemiri yang digunakan.

Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Tentu saja ini dapat meningkatkan nilai ekonomis cangkang kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan buangan dari tanaman kemiri. Pemanfaatan cangkang kemiri kelak dapat dimaksimalkan ke jenjang yang lebih tinggi lagi. Pemanfaatan cangkang kemiri selama ini hanya berputar pada hal-hal bersifat tradisional, misalnya sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar maupun sebagai obat nyamuk bakar. Namun kenyataannya potensial dari cangkang kemiri dapat dimanfaatkan lebih besar lagi (Triwulan, 2007).

Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu  $CaO, SiO_2, Al_2O_3, MgO, H_2O, Fe_2O_3$ . Saat semua bereaksi akan ada sisa  $SiO_2$  yang belum bereaksi akan membentuk reaksi silika turunan dengan gel CSH-2 menghasilkan CSH-3 yang lebih padat, sehingga akan meningkatkan pasta semen dan agregat.

Sangat cocok apabila cangkang kemiri yang selama ini sebagai limbah yang tidak terpakai, dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton. Pada penelitian Daniel Kristian Nababan (2011) membuat variasi komposisi cangkang kemiri sebesar 5 %, 10%, 15%, dan 20% dari berat kerikil yang digunakan. Dari hasil pengujian diperoleh sifat mekanik yaitu kuat tekan beton terendah pada komposisi 95% kerikil dan 5% cangkang kemiri yaitu  $130,96 \pm 0,87$  kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan kuat tekan beton tertinggi pada komposisi 80% kerikil dan 20% cangkang kemiri yaitu  $199,64 \pm 1,33$  kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian diperoleh sifat fisik yaitu penyerapan air beton tertinggi terjadi pada komposisi 95% kerikil dan 5% cangkang kemiri yaitu 2,17%, sedangkan penyerapan air beton terendah terjadi pada komposisi 80% kerikil dan 20% cangkang kemiri yaitu 1,44%. Porositas beton tertinggi pada komposisi 95% kerikil dan 5% cangkang kemiri yaitu 4,9%, sedangkan porositas beton terendah terjadi pada komposisi 80% kerikil dan 20% cangkang kemiri yaitu 3,01%.

Hasil penelitian (Minanulloh, dkk. 2020) Kuat tekan beton mengalami peningkatan kuat tekan pada penambahan Abu Cangkang Kemiri 5% dengan persentase kenaikan 38,61% hasilnya 421,551 kg/cm<sup>2</sup>, penambahan Abu Cangkang Kemiri 10% dengan persentase kenaikan 40,36% hasilnya 426,863 kg/cm<sup>2</sup>, dan penambahan Abu Cangkang Kemiri 15% dengan persentase kenaikan 40,80% hasilnya 428,551 kg/cm<sup>2</sup> dari kuat tekan karakteristik beton normal sebesar 304,21 kg/cm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini kuat tekan tertinggi (optimum) berada pada variasi beton normal dengan penambahan 15% abu cangkang kemiri (ACK) dengan persentase kenaikan 40,80% dari kuat tekan karakteristik beton normal sebesar 304,127 kg/cm<sup>2</sup>.

Dari penelitian di atas, pemanfaatan cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar memunculkan ide bagi peneliti untuk mencoba mengganti kegunaan cangkang kemiri menjadi agregat halus, kemampuan sisa pembakaran cangkang



kemiri yang direncanakan sebagai pengganti agregat halus, berfungsi sebagai pengisi pada campuran beton sama halnya seperti fungsi pasir lebih memadai jika dibandingkan dengan penggunaannya sebagai pengganti agregat kasar seperti penelitian-penelitian yang sudah ada.

Dalam penelitian yang akan saya teliti, Saya akan melakukan penelitian dengan bahan pengisi yang diberikan adalah cangkang kemiri, Yang menjadi pertimbangan akhir cangkang kemiri ini adalah bahan bahan ini banyak digunakan dalam industri, tersedia dalam jumlah banyak mudah ditemui, serta harganya tidak mahal. Oleh karena itu peneliti mengambil judul **“Pengaruh abu cangkang kemiri terhadap sifat fisis dan mekanik beton normal ”**.

## **1.2 Batasan Masalah**

1. Variasi abu cangkang kemiri yang digunakan adalah dengan 5%, 10%, 15%
2. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm
3. Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I
4. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari
5. Karakteristik yang diuji adalah daya serap air, kuat tekan.

## **1.3 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana hasil pengujian mekanik pada beton dengan variasi campuran 5%, 10%, 15% abu cangkang kemiri?
2. Bagaimana pengaruh komposisi abu cangkang kemiri terhadap sifat fisis beton dengan analisa daya serap air ?

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui hasil pengujian mekanik pada beton dengan variasi campuran 5%, 10%, 15% abu cangkang kemiri
2. Mengetahui pengaruh abu cangkang kemiri terhadap sifat fisis dengan analisa daya serap air

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kemiri terhadap karakteristik beton
2. Memberikan wawasan kepada masyarakat bahwa abu cangkang kemiri bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan di industri konstruksi. Ini terdiri dari campuran yang dipilih dari bahan yang mengikat seperti kapur atau semen, agregat halus dan kasar, air dan adonan (untuk memproduksi beton dengan sifat khusus). Dalam campuran beton, air dan semen membentuk perekat atau matriks yang mana sebagai tambahan mengisi kekosongan agregat halus, melapisi permukaan agregat halus dan kasar, dan mengikat mereka bersama-sama. Matriks biasanya 22-34% dari total volume (Duggal, 2008).

**Tabel 2.1** Komposisi bahan pembentuk beton.

| Nama Bahan              | Jumlah (%) |
|-------------------------|------------|
| Agregat kasar dan halus | 60-80      |
| Semen                   | 7-15       |
| Air                     | 14-21      |
| Udara                   | 1-8        |

Sumber: Murdock L.J., Brook. K.M., 1999

Dalam pengerjaan beton ada 3 sifat yang harus diperhatikan yaitu :

#### 1. Kemudahan pengerjaan ( *Workability* )

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- a. Jumlah air pencampur Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan.
- b. Kandungan semen Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.

- c. Gradasi campuran pasir – kerikil Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
- d. Bentuk butiran agregat kasar Agregat berbentuk bulat ( guli ) lebih mudah dikerjakan
- e. Butir maksimum
- f. Cara pemadatan dan alat pemadat

## 2. Pemisahan kerikil ( *Segregation* )

Kecenderungan butir – butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm. Keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

## 3. *Bleeding* (Pemisahan air)

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir – butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance* ). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh :

- a. Susunan butir agregat Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.
- b. Banyaknya air Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*
- c. Kecepatan hidrasi Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*
- d. Proses pemadatan Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*

*Bleeding* ini dapat dikurangi dengan cara :

- a. Memberi lebih banyak semen
- b. Menggunakan air sesedikit mungkin
- c. Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

### **2.1.1. Jenis-Jenis Beton**

Beberapa jenis beton yang bisa dikategorikan sebagai beton berdasarkan berat, material dan kegunaan strukturnya dapat dibedakan menjadi :

#### a. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m<sup>3</sup>, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 MPa sampai 17,24 MPa menurut SNI 08-1991-03.

#### b. Beton Mutu Tinggi

Beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 40 MPa sudah bisa dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Beton ini dikembangkan untuk membuat struktur yang menuntut tingkat kepentingan yang tinggi misalnya bangunan-bangunan dengan tingkat keamanan tinggi seperti jembatan, gedung tinggi, reactor nuklir dan lain-lain

#### c. Beton Berat.

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m<sup>3</sup> . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton Dengan Workabilitas Tinggi

Umumnya tingkat kesulitan dalam pengerjaan beton dikaitkan dengan tingkat keenceran campurannya atau kemampuannya mengalir, semakin encer beton akan semakin mudah dikerjakan

e. Beton Besar

Beton besar merupakan beton pada struktur massif dengan volume yang sangat besar seperti pada bendungan, pintu air maupun balok dan pilar besar dan masif. Beton besar dibuat dengan perlakuan yang berbeda dengan beton normal mengingat timbulnya panas yang berlebihan pada campuran beton dan terjadinya perubahan volume yang juga menjadi sangat besar

f. Beton Serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), macam-macam beton sebagai berikut:

- a) Beton Normal: Merupakan beton yang cukup berat, dengan Berat Volume 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai kuat tekan 15 – 40 MPa dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton ini paling banyak digunakan dalam pelaksanaan proyek konstruksi dikarenakan proses pembuatannya yang relative mudah untuk dikerjakan. Beton Normal umumnya digunakan untuk keperluan proyek dengan beban yang relative kecil dan sedang misalnya rumah tinggal, ruko, kantor, gedung sekolah dan sebagainya dan dapat menghantar panas.
- b) Beton Ringan : Merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup>. Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.
- c) Beton Massa : Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm.

- d) Beton Serat : Adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.
- e) Beton Non Pasir : Adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25 %.
- f) Beton Siklop : Beton ini sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20 %.
- g) Beton Hampa : Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.
- h) Mortar : Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan PC.

### **2.1.2. Keunggulan Dan Kelemahan Beton**

#### 2.1.2.1. Keunggulan Beton :

Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga sejak dini bahan struktur beton mempunyai banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain.

Secara lebih rinci sifatnya demikian :

- a) Ketersediaan material dasar
- b) Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
- c) Kemampuan beradaptasi (*adaptability*) sehingga beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun
- d) Tahan terhadap temperatur tinggi
- e) Kebutuhan pemeliharaan yang minimal
- f) Mampu memikul beban yang berat

### 2.1.2.2 Kelemahan Beton :

Disamping segala keunggulan di atas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan

- a) Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>
- b) Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar
- c) Beton cenderung untuk retak, karena semen nya hidrolis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja
- d) Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama
- e) Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daurulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja (Nugraha, 2007).

### 2.1.3 Adukan Beton

Beton yang berasal dari pengadukan bahan-bahan penyusun agregat kasar dengan agregat halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton yang baik. Pada umumnya pengadukan bahan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk kecuali jika hanya untuk mendapatkan beton mutu rendah pengadukan dapat dilakukan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Kekentalan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan cara memeriksa pemerosotan pada setiap adukan beton baru. Adapun komposisi adukan beton rencana adalah sebagai berikut :

**Table 2.2.** Komposisi Adukan Beton

| No | Nama bahan | Massa/volume<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Perbandingan |
|----|------------|--------------------------------------|--------------|
| 1  | Semen      | 367,4                                | 1            |
| 2  | Pasir      | 720,5                                | 2            |
| 3  | Kerikil    | 1127                                 | 3            |
| 4  | Air        | 185                                  | 0,5          |

(Tri Mulyono, 2005)



## 2.2. Semen

Semen adalah suatu bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia semen adalah serbuk atau tepung yang terbuat dari kapur dan material lainnya yang dipakai untuk membuat beton, merekatkan batu bata ataupun membuat tembok.

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu: 1) Semen non hidrolis dan 2) Semen hidrolis.

Semen yang digunakan dalam pembuatan beton adalah semen hidrolis mengandung senyawa: Silika Oksida ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air.

### 2.2.1. Semen Portland

Jenis semen yang digunakan dalam pembuatan beton ringan adalah semen *Portland*. Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen *Portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung 1 atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Mulyono, 2005).

Semen Portland terdiri dari dua pertiga massa, kalsium silikat ( $3\text{CaO}, \text{SiO}_2$  dan  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (dalam notasi semen C = CaO, S = SiO<sub>2</sub>; masing-masing C3S dan C2S)) sepertiga aluminium- ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  atau C3A) dan besi- ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  atau C4AF) yang berisi fase dan kristal lainnya senyawa. Selama proses hidrasi, air bereaksi dengan partikel semen (disebut klinker) dan beberapa reaksi kimia dan fisik terjadi. Semen memiliki pori-pori kapiler yang disebut makropora atau mesoporous disebabkan oleh ruang kosong setelah reaksi hidrasi terjadi. Semen terhidrasi struktur sangat kompleks dan terdiri dari pori-pori dengan ukuran yang berbeda di mana molekul air dapat ditemukan.

Penggunaan semen dalam jumlah besar membutuhkan rasio  $w / c$  yang tinggi, tetapi rasio penyusutan beton harus dikurangi karena memainkan pengurangan peran yang sangat penting dalam ketegangan antarmuka, Pelepasan air yang terperangkap di antara partikel semen, Efek perlambatan hidrasi semen, Mengubah morfologi air mani terhidrasi. ( Hakim S, dkk., 2020)

Beberapa jenis semen diatur dalam SNI, diantaranya: SNI 15-2049-2004 mengenai semen *Portland* yang terdiri dari beberapa jenis yakni:

- a) Jenis I yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis jenis lain
- b) Jenis II yaitu semen *Portland* yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang
- c) Jenis III yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi
- d) Jenis IV yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menggunakan kalor hidrasi rendah
- e) Jenis V yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat (SNI 15-2049-2004)

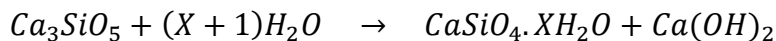
#### **2.2.1.1. Sifat Fisik dan Sifat Kimia Semen Portland**

Sifat fisik semen *portland* yaitu:

- a) Kehalusan butiran: semakin halus semen, maka permukaan butirnya akan semakin luas sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula
- b) Berat jenis: berat jenis semen pada umumnya berkisar 3,15 kg/liter
- c) Waktu pengerasan: pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (*initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*final setting*). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen ercampur dengan air hingga mengeras

- d) Kekekalan bentuk: pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.
- e) Pengaruh suhu : pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan berjalan dengan lambat pada suhu dibawah  $15^{\circ}\text{C}$  (Mutiawati, 2010).

Menurut Vlack (1992), ketika semen dicampur dengan air maka dapat menimbulkan reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Reaksi kimia campuran semen dengan air yaitu:



Reaksi reaksi tersebut menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada 4 senyawa penting yang terkandung dalam klinker semen *Portland* yaitu sebagaimana terlihat pada tabel 2.3

**Tabel. 2.3.** Empat Senyawa Utama Dari Semen *Portland*

| Nama Oksida Utama         | Rumus Oksida   | Notasi pendek         |
|---------------------------|--|-----------------------|
| Trikalsium Silikat        | $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$                               | $\text{C}_3\text{S}$  |
| Dikalsium Silikat         | $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$                               | $\text{C}_2\text{S}$  |
| Trikalsium Aluminat       | $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$                      | $\text{C}_3\text{A}$  |
| Tetrakalsium Aluminoforit | $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{C}_4\text{AF}$ |

(Sagel, 1993)

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen *portland* di Indonesia dalam dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

- a. Tipe I

Adalah perekat hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan

tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah 49% ( $C_3S$ ), 25% ( $C_2S$ ), 12% ( $C_3A$ ), 8% ( $C_4AF$ ), 2,8% ( $MgO$ ), 2,9% ( $SO_3$ ). Semen *Portland* tipe I dipergunakan untuk pengerasan jalan, gedung, jembatan, dan lain-lain jenis konstruksi yang tidak ada kemungkinan mendapat serangan sulfat dari tanah dan timbulnya panas hidrasi yang tinggi.

b. Tipe II

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Komposisinya: 46% ( $C_3S$ ), 29% ( $C_2S$ ), 6% ( $C_3A$ ), 11% ( $C_4AF$ ), 2,9% ( $MgO$ ), 2,5% ( $SO_3$ ). Semen *Portland* tipe II dipergunakan untuk bangunan tepi laut, bendungan, dan irigasi, atau beton masa yang membutuhkan panas hidrasi rendah.

c. Tipe III

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar  $C_3S$ -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus. Semen *Portland* tipe III dipergunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi (sangat kuat) seperti, jembatan-jembatan dan pondasi-pondasi berat

d. Tipe IV

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  rendah. Semen *Portland* tipe IV dipergunakan untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (*setting time* lama).

e. Tipe V

Semen *portland* yang dalam penggunaannya hanya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 43% ( $C_3S$ ), 36% ( $C_2S$ ), 4% ( $C_3A$ ), 12% ( $C_4AF$ ), 1,9% ( $MgO$ ), 1,8% ( $SO_3$ ). Semen *Portland* tipe V dipergunakan untuk instalasi pengolahan limbah

pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

### 2.3. Pasir

Pasir adalah contoh bahan material yang berbentuk butiran. Butiran pada pasir, umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Pasir memiliki warna sesuai dengan asal pembentukannya. Dan seperti yang kita ketahui pasir juga sangat penting untuk bahan material bangunan bila dicampurkan dengan perekat Semen.

Pasir merupakan bahan pokok dalam proses pembangunan. Selain itu, material pasir juga tidak dapat dipisahkan penggunaannya dalam dunia industri. Seringkali dalam dunia industri dibutuhkan material pasir yang telah diproses.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (Tjokrodimulyo, 1992) yaitu:

#### 1) Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang tidak bagus karena mengandung banyak garam. Pada pasir yang berwarna putih, mineral yang mendominasi adalah *silica* ( $\text{SiO}_2$ ), *zircon* ( $\text{ZrSiO}_4$ ), *feldspar* ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Warna pasir pantai yang hitam, mineral yang mendominasi adalah magnetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ), *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), *Limonit* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), *siderite* ( $\text{FeCO}_3$ ) semakin gelap warna pasir, menunjukkan konsentrasi unsur Fe yang semakin tinggi.

#### 2) Pasir Sungai

Pasir yang langsung diperoleh dari sungai. Pasir ini biasanya berbentuk bulat dan berbutir halus, hal ini disebabkan karena terjadinya proses gesekan. Karena agregat ini bulat maka daya lekat antara butirnya pun agak berkurang.

### 3) Pasir Galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah yang mana pada umumnya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

## 2.4. Air

Air merupakan bahan yang sangat dibutuhkan pada pembuatan beton. Penggunaan air ini bertujuan agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk menjadi pelumas supaya pengerjaannya lebih mudah. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan mungkin pula mempengaruhi kemudahan pengerjaan (Nawy, 1998).

Syarat air menurut SNI 03-2847-2002 adalah air yang dapat digunakan dalam proses pecampuran beton adalah sebagai berikut :

- a) Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan
- c) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton

### 2.4.1 Air Tawar

Air tawar yang digunakan untuk penelitian ini adalah air dari PDAM, dimana dalam penelitian ini air tawar digunakan untuk 2 hal, yakni pada proses

pembuatan sampel beton dan pada proses perendaman (*curing*) sampel beton. Air tawar pada proses perendaman digunakan sebagai pembanding besar kuat mekanik antara beton yang direndam air tawar dengan beton yang direndam dengan air belerang.

Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002) :

- a. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual
- b. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asamasam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Kandungan khlorida (Cl) < 0,50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO<sub>3</sub>
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%
- f. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram/liter.

#### **2.4.2 Air Belerang**

Air yang keluar dari mata air panas dipanaskan oleh geotermal (panas bumi). Semakin dalam letak batu-batuan di dalam perut bumi, semakin meningkat pula temperatur batu-batuan tersebut. Peningkatan temperatur batuan berbanding dengan kedalaman disebut gradien geotermal. Air merembes ke dalam kerak bumi, dan dipanaskan oleh permukaan batu yang panas. Air yang sudah dipanaskan keluar di mata air panas yang lokasinya jauh dari gunung berapi.

Di kawasan gunung berapi, air dipanaskan oleh magma hingga menjadi sangat panas. Air menjadi terlalu panas hingga membentuk tekanan uap, dan menyembur ke permukaan bumi sebagai geyser. Bila air hanya mencapai permukaan bumi dalam bentuk uap, maka disebut fumarol. Air ini bersuhu rata-rata 45°C. Tetapi, ada sebahagian mata air panas mengeluarkan air bersuhu hingga melebihi 100°C.

## **2.5. Factor Air Semen**

*Factor* air semen ialah perbandingan antara berat air dan berat semen didalam campuran adukan beton. Kekuatan betonnya sangat dipengaruhi oleh *factor* air semen yang dipakai. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun (Mulyono, 2005).

## **2.6. Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan penyusun campuran beton. Komposisi agregat 70%-75% dari volume beton (Mulyono,2005).Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut (Nawy, 1998).

Menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007), ukuran agregat terbagi dua, yakni agregat halus dan agregat kasar. Perbedaan antara agregat kasar dengan agregat halus adalah ayakan 5 mm atau 3/16 inci. Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran lebih kecil dari 5 mm dan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah.

### **2.6.1. Agregat Kasar**

Menurut peraturan beton bertulang Indonesia 1971 N.I.-2 yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan butir lebih dari 5 mm. agregat kasar terdiri dari butir-butir keras dan berpori dan tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.



Agregat kasar yang akan digunakan untuk campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut (SK SNI S-04-1989-F):

- a. Kerikil atau batu pecah maupun granit harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, Kadar bagian yang lemah bila diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%. Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji Rudolff dengan beban penguji 20 ton.
- b. Agregat yang mengandung butir-butir pipis hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- c. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila agregat mengandung lebih dari 1%, agregat harus dicuci.
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang relatif alkali.
- f. Modulus halus butir antara 6-7.1 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Agregat kasar yang umum adalah:

- 1) Batu pecah alami : bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberika kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
- 2) Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil ini memberikan kekuatan yang lebih rendah dari batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
- 3) Agregat kasar buatan : terutama berupa slag dan shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast – furnance* dan lain-lain.
- 4) Agregat pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom skarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat

ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan di sini misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit (Nawy, 1998).

### **2.6.2. Agregat Halus**

Agregat halus adalah agregat dengan butir lebih kecil dari 5 mm. misalnya pasir. Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat halus yang digunakan untuk campuran pembuatan beton memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi.

Menurut SK SNI S-04-1989-F syarat-syarat tersebut adalah :

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam, dan keras.
- b. Butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila melebihi agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak banyak mengandung zat organik.

### **2.6.3. Bentuk Butiran**

Bentuk butiran agregat menempati kedudukan yang sangat penting dalam perencanaan suatu campuran beton. Hampir semua sifat-sifat teknis dari beton ditentukan oleh sifat fisik dan kimia bahan agregat, sedangkan sifat ekonomi beton muda ditentukan oleh bentuk butiran dan gradasi dari agregat.

Dalam suatu seri percobaan dengan menggunakan butiran agregat kasar bulat dan bersudut dengan keduanya bergradasi seragam, yang kemudian dipadatkan dengan cara yang sama, terbukti bahwa :

- a. Dalam seri percobaan dengan menggunakan agregat kasar berbentuk bulat, jumlah rongga udara adalah 34 %.
- b. Dalam seri percobaan dengan menggunakan agregat kasar yang bersudut, jumlah rongga udara adalah 41 %.

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa dibutuhkan jauh lebih banyak mortar untuk agregat bersudut daripada untuk agregat berbutir bulat. Dengan sendirinya agregat yang mengandung persentase tinggi dari butiran-butiran panjang atau pipih tidak dapat digunakan dalam praktek. Bentuk butiran dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Bulat (*Rounded*) : Agregat ini mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan interlocking yang lebih kecil dan mudah tergelincir rongga udara 33%, ikatan antar agregat bulat kurang kuat sehingga kurang cocok untuk struktur yang menekan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi.
- b. Lonjong (*Elongated*) : Partikel agregat bentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya <18 kali diameter rata-rata.
- c. Kubus (*Cubical*) : Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, berbentuk bidang rata sehingga memberikan interlocking / saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.
- d. Pipih (*Falky*) : Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0.6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban lalu lintas.
- e. Tak beraturan (*Irregular*) : Partikel agregat yang tidak beraturan. Rongga udara pada agregat ini lebih tinggi, sekitar 35% - 38%, sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen. Ikatan agregatnya belum cukup baik.
- f. Bersudut : agregat ini terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara berkisar 38%-40%. Ikatan agregatnya baik/kuat. Agregat ini juga digunakan untuk bahan lapis perkerasan

#### 2.6.4. Bentuk Permukaan Agregat

Bentuk permukaan yang kasar dari jenis-jenis agregat tertentu dapat menghasilkan beton dengan “*slip resistance*” yang besar. Pemakaian agregat yang diperoleh dari hasil pengolahan batuan banyak dipakai karena agregat tersebut mempunyai permukaan yang kasar dan tidak teratur sehingga daya lekatnya tinggi bila dipakai untuk campuran beton.

#### 2.7. Cangkang Kemiri

Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Cangkang kemiri dapat dimanfaatkan untuk bahan obat nyamuk bakar dan bahan bakar. Ampas dari hasil pengolahan minyak dapat digunakan untuk pakan ternak dan pupuk tanaman sebab mengandung unsur NPK yang cukup tinggi, potensi terbesar dari kemiri terdapat pada buah yang terdiri biji dan cangkang. Pada biji terdapat inti dan kulit. Inti tersebut yang dapat diproses menjadi minyak untuk sumber energi alternatif pengganti solar atau biodiesel.

Kemiri (*Aleurites moluccana*) adalah tumbuhan yang bijinya dimanfaatkan sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Tumbuhan ini masih sekerabat dengan singkong dan termasuk dalam suku *Euphorbiaceae*. Kemiri mengandung unsur kimia seperti gliserida, asam linoleat, palmitat, stearat, miristat, asam lemak, protein, vitamin B1, dan zat lemak. Disamping itu diketahui kemiri juga kaya serat, vitamin E, dan mineral seperti magnesium dan tembaga. Kemiri mengandung zat gizi dan non gizi. Zat non gizi dalam kemiri misalnya saponin, flavonoida, dan polifenol. Mineral yang dominan dalam kemiri adalah kalium, fosfor, magnesium, dan kalsium. Juga terkandung zat besi, seng, tembaga, dan selenium dalam jumlah sedikit.

Abu cangkang kemiri ternyata dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai bahan isian (campuran) dalam pembuatan bahan isolator listrik. Campuran cangkang kemiri dengan bahan pengikat dalam yakni plastik dapat menambah kelenturan dan kekokohan akan gaya tumbuk yang diberikan kepada bahan isolator.

Dengan demikian dibatasi hal-hal yang menjadi penyebab kerusakan bahan isolator bahan yang disolasi (Parangin-angin, 2005).

Adapun senyawa penyusun cangkang kemiri, yaitu  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Abu cangkang kemiri mengandung Silika ( $\text{SiO}_2$ ) 12,58 %, Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 0,58%, dan Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 0,58% (Balai Riset dan Standarisasi Industri Palembang).

Menurut Mulyono (2003) abu cangkang kemiri yang mengandung banyak *silica* termasuk kedalam jenis *silica fume*. Dimana jenis ini dapat digunakan sebagai bahan tambah pada beton yang kuat. Bahkan silika jenis ini bila dicampur dalam adukan beton sampai 30% dapat meningkatkan durabilitas dan keawetan beton.

## **2.8. Karakteristik Beton**

Untuk mengetahui sifat dan kemampuan suatu material maka perlu dilakukan pengujian dan analisis. Beberapa jenis pengujian dan analisis yang dibahas untuk keperluan penelitian ini antara lain : pengujian sifat fisis( penyerapan air), pengujian sifat mekanis (kuat tekan dan kuat Tarik .

### **2.8.1. Daya Serap Air**

Daya serap air adalah kemampuan beton untuk menyerap air ketika direndam dalam air, hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga beton tidak mampu menyerap lagi karena sudah penuh. Setelah beton dibuat dan dikeluarkan dari cetakan setelah berumur 24 jam, kemudian benda uji di rendam di dalam bak air. Lama perendaman sesuai dengan umur beton yang direncanakan, misalnya :3, 7, 14, 21, 28 hari.

Persentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air. Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi pori atau rongga yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori terkandung dalam beton maka akan semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang.

Untuk menghitung besarnya penyerapan air oleh beton dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Maidayani, 2009):

$$WA = \frac{M_j - M_k}{M_k} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

WA = Daya serap air (water absorbtion) (%)

Mk = massa benda kering(gr)

Mj= Massa jenuh air

### 2.8.2. Kuat Tekan

Kuat tekan suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan beban dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara standart, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan MPa atau  $kgf/cm^2$ . tata cara pengujian yang dipakai adalah standar ASTM C39.

Rumus yang digunakan untuk kuat tekan beton adalah (Tata Surdia , 1995)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Dimana :

P = kuat tekan beton (MPa)

F = gaya penekan (kgf)

A = luas penampang yang terkena gaya penekan ( $cm^2$ )

Adapun gambar uji tekan sebagaimana terlihat pada gambar 2.2:



**Gambar 2.1** Alat uji tekanan

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa factor , yaitu :

1. pengaruh perbandingan adukan beton
2. pengaruh umur beton
3. pengaruh mutu semen *Portland*
4. pengaruh air untuk membuat adukan
5. pengaruh waktu pencampuran
6. pengaruh bahan campuran tambahan
7. pengaruh perawatan

### **2.8.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton**

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah sebagai berikut :

#### **1. Bahan-bahan penyusunan beton**

- a. Air, diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali atau bahan lainnya yang dapat merusak beton, air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton.
- b. Semen, setiap jenis semen memiliki karakteristik tersendiri termasuk dengan kualitasnya. Jenis dan kualitas semen yang digunakan mempengaruhi kuat rata-rata dan kuat batas beton. Semen portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton (Rahmadianty, dkk., 2017).

- FAS, nilai faktor air semen merupakan faktor utama dalam menghasilkan kekuatan tekan beton. Nilai faktor air semen adalah tergantung kepada kandungan semen yang diperlukan untuk menyelimuti batu pecah dengan baik. (Dewi, dkk., 2016).
  - Kehalusan butir, kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya blending (naiknya air ke permukaan), tetapi menambah kecenderungan untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.
  - Komposisi kimia, komposisi kimia yang terdapat pada semen portland adalah  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ ,  $CaSO_4$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ .
- c. Agregat, merupakan komponen utama dan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, semakin banyak persen agregat dalam beton maka akan semakin murah harga beton (Nawy, 1998).
- Kasar, agregat kasar pada beton dapat berupa kerikil atau batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
  - Halus, agregat halus berasal dari sungai atau galian tambang (*quarry*), butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah, atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
  - Bentuk dan ukuran, ukuran agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 120 mesh. Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar dan juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaannya.
  - Susunan permukaan, permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan permukaan agregat yang licin. Ukuran susunan agregat tergantung dari kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan dan sebagainya.
  - Gradasi, dalam pekerjaan beton yang banyak digunakan adalah agregat normal atau dengan mencampur beberapa jenis agregat untuk mendapatkan campuran beton yang baik.



- d. *Admixture* adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton, fungsinya adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar lebih cocok untuk pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Hal-hal yang mempengaruhi admixture adalah jumlah dan komposisi bahan tambah.

## 2. Metode pencampuran

- a. Penentuan proporsi bahan, penyusunan beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*), agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton.
- b. Pencampuran dan pengadukan, metode ini akan menentukan sifat dari kekuatan beton.
- c. Pengecoran, metode pengecoran juga akan mempengaruhi kekuatan beton.
- d. Pemadatan, pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen.

## 3. Perawatan

Perawatan dilakukan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang terutama disebabkan oleh suhu. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menemukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

## 4. Keadaan pada saat dilakukan percobaan

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain : bentuk dan ukuran, kadar air suhu (Mulyono, 2003).

### 2.8.4. Kuat Tarik

Sifat kuat Tarik dipengaruhi oleh mutu betonnya. Setiap usaha perbaikan mutu beton untuk kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Dalam SI ditentukan hubungan kuat Tarik dengan kuat tekannya ( $f_c$ ) adalah  $0,5 \sqrt{f_c}$ . Menurut perkiraan kasar, nilai kuat Tarik berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Nilai pastinya sulit diukur.

Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *Splinting test* atau *Brazillian test* karena metode ini diciptakan di Brazil.

Tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = \frac{2P}{\pi ld} \quad (3)$$

Dimana : T = kuat tarik beton (MPa)

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

l = panjang silinder (mm)

d = diameter silinder (mm)

Cara lain untuk menguji tegangan tarik langsung pada spesimen silinder maupun prisma dilakukan dengan menempelkan benda uji pada suatu pelat besi dengan lem *epoxy*. Tepi benda uji harus digergaji dengan gerinda intan untuk menghilangkan pengaruh pengecoran atau vibrasi. Beban pada kecepatan 0,05 MPa/detik sampai rusak (Nugraha dan Antoni, 2007).

## 2.9. Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan salah satu jenis metode karakterisasi material yang dapat mengetahui struktur mikro dari suatu material dengan perbesaran mencapai 150.000x. SEM biasanya dilengkapi dengan EDS untuk menangkap sinar X yang dipantulkan oleh electron.

Berkas elektron yang dipancarkan dari *electron gun* difokuskan pada permukaan sampel oleh lensa *electron lens*. Jumlah total elektron yang mencapai permukaan sampel adalah selisih antara total electron yang dipancarkan dengan total electron yang terhalang oleh celah pada jalur berkas. Jumlah electron yang mengenai sampel per satuan luas ditentukan oleh diameter probe elektron.

Untuk mengetahui kondisi penumbuhan fasa senyawa perlu dilakukan karakterisasi terhadap hasil sintesa. Karakterisasi tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metoda. diantaranya dengan metoda SEM-EDAX. Metoda SEM-EDAX adalah metoda spektroskopi sebaran tenaga sinar X yang dihubungkan dengan

mikroskop elektron sapuan. Dengan metoda ini dapat diamati struktur mikro dari penumbuhan yang terbentuk sekaligus dapat diamati hasil analisis komposisi yang terkandung secara kualitatif dan kuantitatif dengan faktor kesalahan sampai 10% dan dengan metoda ini perlakuannya sederhana, tidak memerlukan penipisan dan tidak merusak (Lawes, 1987)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Pembuatan sampel, pengujian kuat tekan, uji daya serap air beton dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Medan dengan uji SEM dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Medan. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2020 sampai Januari 2021.

#### 3.2. Alat Dan Bahan

##### 3.2.1. Alat

Adapun beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dengan spesifikasi alat dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Alat penelitian

| No | Nama alat   | Spesifikasi             | Jumlah  |
|----|---|-------------------------|---------|
| 1. | Neraca  | Analog                  | 1 buah  |
| 2. | Ayakan  | 200 mesh                | 1 buah  |
| 3. | Cetakan kubus   | 15 × 15 x 15cm          | 12 buah |
| 4. | Alat uji tekan (Universal Testing Machine) SNI 10 – 1991 – 03 | Kapasitas 2000 K newton | 1 buah  |
| 5. | Sendok semen  | Kecil                   | 1 buah  |
| 6. | Gelas ukur  | 200 ml                  | 1 buah  |
| 7. | Talam logam   | -                       | 2 buah  |
| 8. | Batang perojok  | -                       | 1 buah  |
| 9. | Wadah ember   | -                       | 1 buah  |
| 10 | Kuas cat  | -                       | 1 buah  |
| 11 | Bak perendaman  | Besar                   | 4 buah  |

### 3.2.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland, air, agregat kasar dan agregat halus dimana agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang berdiameter 5-40 mm, dan agregat halus yang digunakan adalah pasir sungai yang terdapat disungai dan untuk bahan pengisi yaitu abu cangkang kemiri dimana spesifikasi bahan dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Bahan penelitian

| No | Nama Bahan            | Spesifikasi                   |
|----|-----------------------|-------------------------------|
| 1. | Semen <i>Portland</i> | Tipe I                        |
| 2. | Agregat Halus         | Pasir Biasa                   |
| 3. | Agregat Kasar         | Batuh pecah                   |
| 4. | Oli kotor             | -                             |
| 5. | Air                   | PDAM                          |
| 6  | Abu cangkang kemiri   | Abu pembakaran cangkang kemir |
| 7  | Air belerang          | Air belerang sibolangit       |

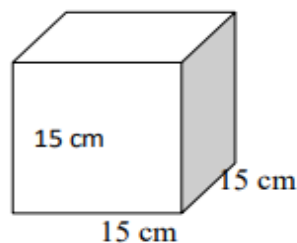
### 3.3. Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Persiapan Bahan

1. Menyiapkan seluruh bahan material seperti semen, pasir, kerikil, abu cangkang kemiri
2. Mengayak pasir.(pasir dengan diameter 5 mm)
3. Menimbang semen, pasir, kerikil, abu cangkang kemiri dan dengan takaran yang telah dihitung.

### 3.3.2. Prosedur Pembuatan Sampel

1. Menyediakan bahan campuran beton yaitu semen Portland tipe 1, pasir sungai, kerikil dan Abu cangkang kemiri.
2. Membersihkan alat – alat yang akan digunakan.
3. Menyediakan cetakan yang telah diolesi oli kotor terlebih dahulu.
4. Menakar bahan baku sesuai dengan komposisi yang tertera pada tabel 3.3.
5. Memasukkan semen, pasir sungai, kerikil untuk beton normal, diaduk sampai merata, kemudian tuang air sesuai FAS yaitu 0,5.
6. Setelah campuran beton merata, campuran dituang kedalam cetakan sebanyak 1/3 bagian.
7. Memasukkan kembali campuran kedalam cetakan hingga 2/3 tinggi cetakan.
8. Kemudian cetakan diletakkan ke atas mesin vibrator setelah itu nyalakan mesin, dimasukkan kembali campuran ke dalam cetakan hingga penuh.
9. Permukaan cetakan diratakan menggunakan sendok semen kemudian ditutup dengan besi penutup dan disimpan di ruangan perawatan selama 24 jam.
10. Setelah 24 jam cetakan beton dibuka dan diberi nomor kode sesuai yang diinginkan.
11. Mengulangi prosedur 5–10 untuk beton campuran Abu cangkang kemiri
12. Perawatan beton dilakukan dalam bak perendaman selama 28 hari.
13. Bentuk cetakan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Cetakan berbentuk kubus

14. Mengeluarkan sampel dari bak perendaman dan dibiarkan sampai sampel kering.

15. Kemudian melakukan pengujian yang meliputi kuat tekan, daya serap air dan SEM.

### 3.4. Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan standar ASTM untuk mendesain campuran beton. Pada penelitian ini digunakan campuran beton dengan mutu K-225

Tabel 3.3 memperlihatkan komposisi campuran yang telah disesuaikan dengan standard ASTM. Tabel 3.5 memperlihatkan komposisi campuran untuk berbagai variasi tambahan abu cangkang kemiri

**Table 3.3** Komposisi Adukan Beton Rencana Dengan Agregat

| Nama Bahan | Massa/Volume<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Perbandingan |
|------------|--------------------------------------|--------------|
| Semen      | 371                                  | 1            |
| Pasir      | 698                                  | 1,9          |
| Kerikil    | 1047                                 | 2,8          |
| Air        | 215                                  | 0,6          |
| Total      | 2331                                 | 6,3          |

**Tabel 3.4** Jumlah Sampel Beton dan Umur Pengujian

| No | Sampel                    | Pengujian sampel |              | Jumlah sampel |
|----|---------------------------|------------------|--------------|---------------|
|    |                           | Air biasa        | Air belerang |               |
|    |                           | 28 hari          | 28 hari      |               |
| 1  | Beton normal<br>(0%)      | 3sampel          | 3sampel      | 6sampel       |
| 2  | Abu cangkang kemiri (5%)  | 3sampel          | 3sampel      | 6sampel       |
| 3  | Abu cangkang kemiri (10%) | 3sampel          | 3sampel      | 6sampel       |
| 4  | Abu cangkang kemiri (15%) | 3sampel          | 3sampel      | 6sampel       |

Dari perbandingan komposisi adukan beton table 3.3 maka didapatkan perbandingan agregat (semen : pasir : kerikil : air : abu cangkang kemiri ) pada setiap sampel. Sampel dibuat dengan membuat variasi konsentrasi 5%, 10% dan 25% abu cangkang kemiri per sampel. Dengan komposisi air : pasir : kerikil : semen : dan abu cangkang kemiri sebagai berikut :

Volume beton untuk 1 buah kubus beton =  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$

$$= 3375 \text{ cm}^3$$

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

Volume untuk 1 buah sampel cetakan kubus adalah 0,003375 dan untuk menghindari hilangnya beton pada waktu pengecoran maka dilakukan penambahan agregat dengan tidak mengubah perbandingan agregat yang disebut dengan Safety Factor (SF) = 1,2.

Volume pengerjaan 1 sampel =  $(0,003375) (1) (1,2)$

$$= 0,00405 \text{ m}^3$$

Massa beton untuk 3 buah sampel =  $3 \times 0,00405 \text{ m}^3 \times 2331 \text{ kg/ m}^3$

$$= 28.3 \text{ kg/m}^3$$

Maka massa semen untuk 3 buah sampel pada beton normal (tanpa menggunakan abu cangkang kemiri) adalah :

$$\text{Massa semen} = 1/6.3 \times 28.3 \text{ kg} = 4.49 \text{ kg}$$

$$\text{Massa pasir} = 1.9/6.3 \times 28.3 \text{ kg} = 8.53 \text{ kg}$$

$$\text{Massa kerikil} = 2.8/6.3 \times 28.3 \text{ kg} = 12.57 \text{ kg}$$

$$\text{Massa air} = 0.6/6.3 \times 28.3 \text{ kg} = 2.69 \text{ kg}$$



Untuk beton dengan campuran abu cangkang kemiri 5%, 10%, 15 % per sampel dengan semen maka:

$$\text{Massa abu cangkang kemiri 5\%} = 5\% \times 4.49 \text{ kg} = 0.224 \text{ kg}$$

$$\text{Massa abu cangkang kemiri 10\%} = 10\% \times 4.49 \text{ kg} = 0.449 \text{ kg}$$

$$\text{Massa abu cangkang kemiri 15\%} = 15\% \times 4.49 \text{ kg} = 0.673 \text{ kg}$$

**Tabel 3.5** Perbandingan Agregat Pada Setiap Sampel

| Kode sampel     | Air (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) | Semen (kg) | Abu cangkang kemiri (kg) |
|-----------------|----------|------------|--------------|------------|--------------------------|
| $A_1, A_2, A_3$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.5        | 0                        |
| $A_4, A_5, A_6$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.5        | 0                        |
| $B_1, B_2, B_3$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.276      | 0.224                    |
| $B_4, B_5, B_6$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.276      | 0.224                    |
| $C_1, C_2, C_3$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.051      | 0.449                    |
| $C_4, C_5, C_6$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 4.051      | 0.449                    |
| $D_1, D_2, D_3$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 3.827      | 0.673                    |
| $D_4, D_5, D_6$ | 2.69     | 8.53       | 12.57        | 3.827      | 0.673                    |

**Tabel 3.6.** Keterangan Kode Sampel

| Variasi abu cangkang kemiri | Perendaman air biasa<br>28 hari |       |       | Perendaman air belerang<br>28 hari |       |       |
|-----------------------------|---------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|
|                             | $A_1$                           | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$                              | $A_5$ | $A_6$ |
| 0%                          | $B_1$                           | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$                              | $B_5$ | $B_6$ |
| 5%                          | $C_1$                           | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$                              | $C_5$ | $C_6$ |
| 10%                         | $D_1$                           | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$                              | $D_5$ | $D_6$ |

Keterangan kode sampel yang digunakan :

Kode sampel A : beton tanpa tambahan campuran abu cangkang kemiri

Kode sampel B : beton dengan tambahan abu cangkang kemiri 5%

Kode sampel C : beton dengan tambahan abu cangkang kemiri 10%

Kode sampel D : beton dengan tambahan abu cangkang kemiri 15%

### **3.5. Perawatan Beton**

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman. Perawatan beton ini bertujuan untuk menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan beton dapat dihindari serta mutu beton yang diinginkan dapat tercapai. Selain itu kelembaban permukaan beton juga dapat menambah ketahanan beton terhadap pengaruh cuaca dan lebih kedap air.

Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

1. Setelah 24 jam maka cetakan beton kubus dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari.
3. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi nama pada permukaannya

### **3.6. Pengujian Sampel**

#### **3.6.1. Daya Serap Air (*Water Absorbition*)**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh beton partikel setelah direndam pada periode tertentu. Uji penyerapan air (*water absorbition*) menggunakan benda uji berbentuk kubus. Penyerapan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, yaitu terdiri dari 12 buah sampel untuk masing-masing campuran. Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji pada umur 28 hari diambil dari dalam bak perendaman dan benda uji dilap seluruh permukaannya guna menghindari air yang berlebihan. Setelah itu benda uji ditimbang guna mengambil massa basahnya (mb).

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh beton partikel setelah direndam pada periode tertentu.

2. Kemudian benda uji dilakukan pengeringan selama 24 jam didalam ruang perawatan, setelah pengeringan 24 jam benda uji dikeluarkan, tepatnya benda uji berumur 28 hari.
3. Benda uji tersebut ditimbang kembali untuk memperoleh massa kering benda uji (mk) tersebut.

### **3.6.2. Kuat Tekan**

Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan adalah *Compression Testing Machine* (CTM). Model cetakan untuk benda uji, dimensi benda uji berupa kubus .

Prosedur pengukuran kuat tekan adalah sebagai berikut :

1. Beton kubus diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga permukaan kering
2. sebelum sampel diberi pembebanan diukur kembali masing-masing sisi. Menimbang dan mencatat berat sampel beton , kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan
3. Beban tekan diberikan secara perlahan-lahan pada benda uji dengan cara mengoperasikan tuas pompa sehingga benda uji runtuh.
4. Pada saat jarum penunjuk skala beban tidak naik lagi atau bertambah, maka skala yang ditunjukkan oleh jarum tersebut dicatat sebagai beban maksimum yang dapat dipikul oleh beton tersebut.
5. Prosedur 1 sampai 4 diulangi untuk sampel berikutnya.

### **3.7 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)**

Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk pemeriksaan dan analisa permukaan. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20  $\mu\text{m}$  dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan

dan lubang pada permukaan. Pada SEM, gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (elektron sekunder) atau elektron pantul yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan sinar elektron. Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian diperbesar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor CRT (*cathode ray tube*). Di layar CRT inilah gambar struktur obyek yang sudah diperbesar bisa dilihat. Pada dasarnya SEM adalah alat yang dapat membentuk bayangan permukaan spesimen secara mikroskopik. Berkas elektron dengan diameter 5-10 nm, diarahkan pada spesimen. Interaksi berkas elektron dengan spesimen menghasilkan beberapa fenomena yaitu hamburan balik elektron, sinar-X, elektron sekunder, elektron auger, dan absorpsi elektron.

### 3.8 Teknik Analisis data

#### 3.8.1 Pengujian Daya Serap Air

Melalui pengujian daya serap air akan diperoleh data dan akan dianalisis menggunakan Microsoft Excel. Sehingga dari data tersebut akan didapatkan grafik hubungan pengaruh variasi jenis dan komposisi dengan abu cangkang kemiri terhadap daya serap air.

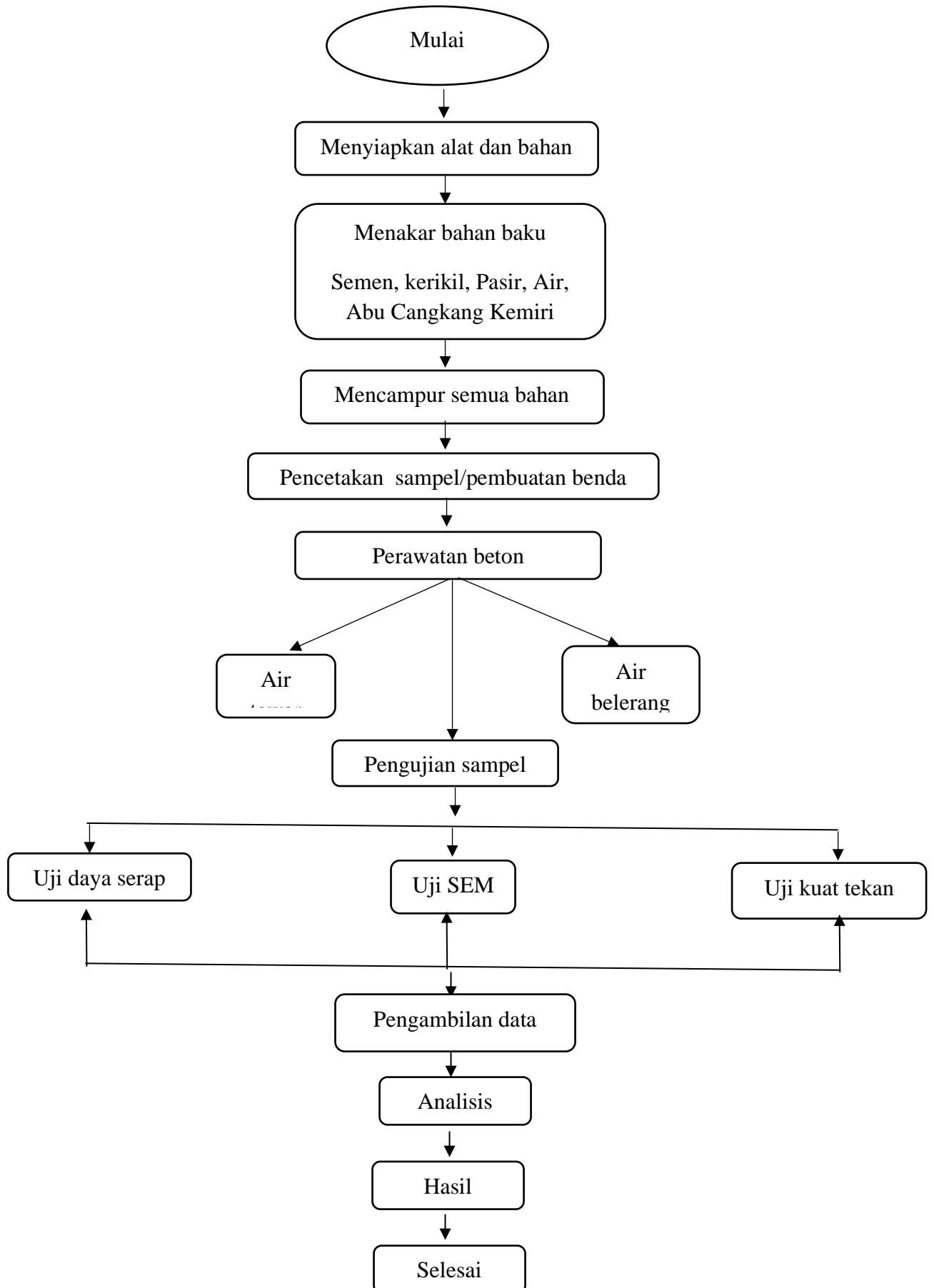
#### 3.8.2 Pengujian Kuat Tekan

Melalui pengujian kuat tekan beton akan diperoleh data dan akan dianalisis menggunakan Microsoft Excel. Sehingga dari data tersebut akan didapatkan grafik hubungan pengaruh variasi jenis dan komposisi dengan abu cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton.

**Tabel 3.7** standarisasi yang dipakai

| Spesifikasi                             | Standar          |
|---|------------------|
| Pemakaian semen                         | SNI 15-2049-2004 |
| Pengujian kuat tekan                    | SNI 03-1974-1990 |
| Pembuatan campuran beton normal         | SNI 03-2834-2000 |
| Tata cara pembuatan dan perawatan beton | SNI 03-2834-2000 |
| Komposisi material adukan beton         | SNI 7394:2008    |

### 3.9. Diagram Alir



## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

Beton yang telah dibuat dengan campuran kerikil, pasir, semen, air, abu cangkang kemiri . Perlakuan beton yang telah dicetak dengan menggunakan cetakan kubus berukuran  $(15 \times 15 \times 15) \text{ cm}^3$ , benda uji dikeluarkan setelah 28 hari dari bak perendaman dan diletakkan pada ruang perawatan sampai sampel kering selama 24 jam . karakteristik beton yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bahan tambahan dalam campuran beton atau bahan baku penyusun beton serta perawatan dan pengeringan beton. Kemudian dilakukan pengujian mekanik yaitu kuat tekan beton ,daya serap air dan uji SEM. Kuat tekan beton ternyata sangat ditentukan oleh komposisi penyusunnya, yaitu perbandingan antara kerikil, semen, pasir, air biasa, dalam penelitian ini mengacu pada SNI 7394-2008 dilakukan pembuatan beton mutu K-225 dengan komposisi yaitu: semen : agregat halus : agregat kasar = 1 : 1.9 : 2.8. dengan FAS 0.6. Untuk mengetahui karakteristik beton tersebut perlu dilakukan pengujian yaitu daya serap air, kuat tekan beton dan uji SEM. Di bawah ini dapat dilihat hasil pengujian terhadap sampel.

##### **4.1.1. Kuat Tekan**

Untuk mengetahui besarnya kuat tekan dari beton yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton yang mengacu pada standar (SNI 03-1974-1990). Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan dengan alat *Compression Testing Machine (CTM)* . Hasil pengujian kuat tekan beton pada tiap sampel dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini

#### 4.1.1.1. Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Biasa

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Biasa

| Kode Sampel                                      | Luas Permukaan Rata-rata ( $m^2$ ) | Beban Tekan Rata-rata (KN) | Kuat Tekan Rata-rata (Mpa) |
|--|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> | 0.0225                             | 559.5                      | 24.9                       |
| B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> | 0.0225                             | 326.9                      | 14.53                      |
| C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> | 0.0225                             | 468.4                      | 20.83                      |
| D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub> | 0.0225                             | 277.1                      | 12.32                      |

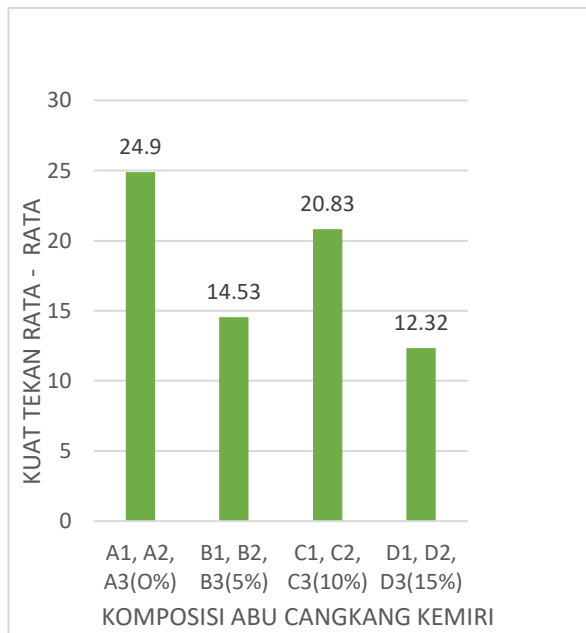
Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat kuat tekan beton dengan penggunaan abu cangkang kemiri sebesar (0, 5, 10 dan 15)% berturut-turut adalah (24.9, 14.53, 20.83 dan 12.32 )Mpa.

#### 4.1.1.2 Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air belerang

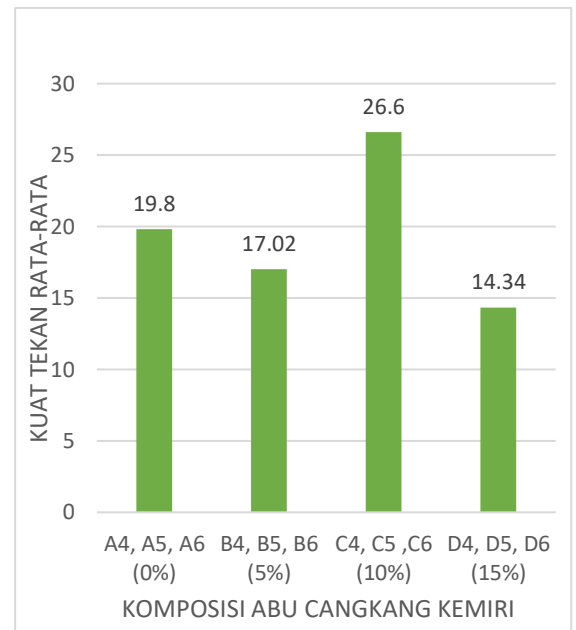
**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air belerang

| Kode Sampel                                      | Luas Permukaan Rata-rata ( $m^2$ ) | Beban Tekan Rata-rata (KN) | Kuat Tekan Rata-rata (Mpa) |
|--|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> | 0.0225                             | 445.5                      | 19.8                       |
| B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , B <sub>6</sub> | 0.0225                             | 555.1                      | 17.02                      |
| C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> | 0.0225                             | 597.4                      | 26.6                       |
| D <sub>4</sub> , D <sub>5</sub> , D <sub>6</sub> | 0.0225                             | 322.6                      | 14.34                      |

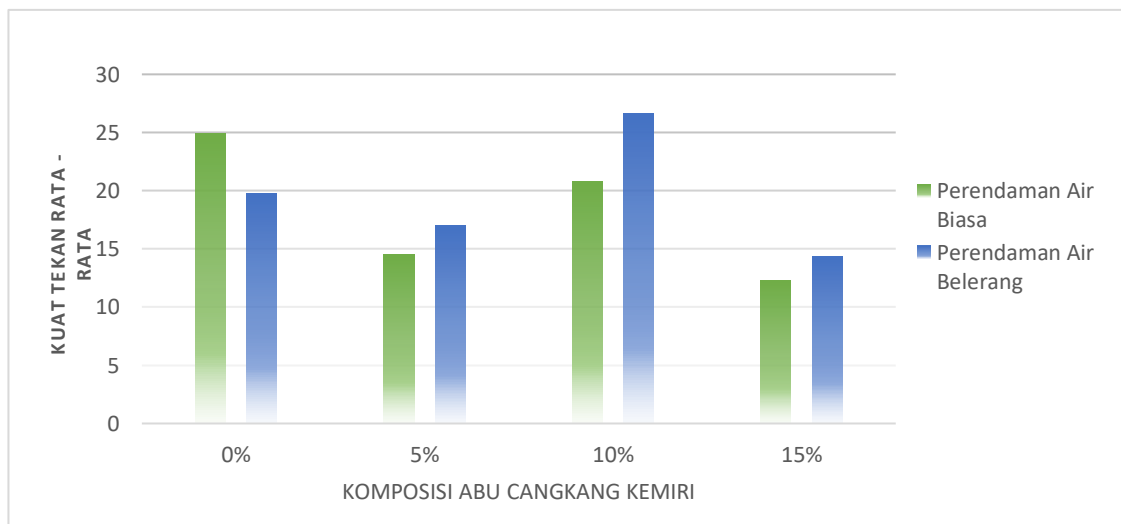
Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat kuat tekan beton dengan penggunaan abu cangkang kemiri sebesar (0, 5, 10 dan 15)% berturut-turut adalah (19.8, 17.02, 26.6, dan 14.34)Mpa. Untuk kuat tekan beton dengan penggunaan abu cangkang kemiri dan perendaman air belerang naik pada penambahan abu sebesar 10%



**Gambar 4.1** diagram batang Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Biasa



**Gambar 4.2** diagram batang Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Perendaman Air Belerang



**Gambar 4.3.** Diagram batang Pengaruh Perendaman Dan Persentase Abu cangkang kemiri Terhadap kuat tekan Pada Beton



Berdasarkan Gambar 4.3 Penambahan abu cangkang kemiri 5% dengan perendaman air biasa kekuatan tekannya 14.53 MPa dan perendaman air belerang kekuatan tekannya 17.02 Mpa. Beton dengan penambahan abu cangkang kemiri 5% mengalami penurunan kuat tekan jika dibandingkan dengan beton normal tanpa penambahan abu cangkang kemiri.

Penambahan abu cangkang kemiri 10% dengan perendaman air biasa kekuatan tekannya 20.83 Mpa , perendaman air belerang kuat tekannya 26.56 Mpa . Beton dengan penambahan abu cangkang kemiri 10% mengalami peningkatan kuat tekanan pada variasi perendaman air belerang jika dibandingkan dengan beton normal tanpa penambahan abu cangkang kemiri

Penambahan abu cangkang kemiri 15% dengan perendaman air biasa kekuatan tekannya 12.32 Mpa , perendaman air belerang kekuatan tekannya 14.34 Mpa. Beton dengan penambahan abu cangkang kemiri 15% mengalami penurunan jika dibandingkan dengan beton normal tanpa penambahan abu cangkang kemiri.

Hal ini menunjukkan bahwa variasi penambahan abu cangkang kemiri dan perendaman air belerang mempengaruhi kuat Tekan beton, dimana penambahan abu cangkang kemiri pada perendaman air biasa mengalami penurunan dari beton Normal sementara penambahan abu cangkang kemiri sebanyak 10% dengan perendaman air belerang mengalami kenaikan nilai uji kuat tekan dibanding beton normal sebesar 26.56 Mpa. Kuat tekan terkecil adalah pada penambahan abu cangkang kemiri 15% dengan perendaman air biasa sebesar 12.32%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Siswanto. (2019) tentang pengaruh penambahan abu cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton k-300. Pada penelitian ini menggunakan abu cangkang Kemiri sebagai bahan tambah beton, dengan variasi penambahan 8%, 10%, dan 12% dari berat semen terhadap mutu beton K-300. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada umur beton 14 hari dan 28 hari. Kuat tekan optimum terjadi pada variasi penambahan Abu Cangkang Kemiri 10%, Yang mempunyai peningkatan sebesar 20,421% terhadap beton normal dengan nilai kuat tekan karakteristik 280,004 Kg/Cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari

dan 14,877% dengan nilai kuat tekan karakteristik 348,191 Kg/Cm<sup>2</sup> pada 28 hari.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Minanulloh, dkk. (2020). Penambahan abu cangkang kemiri pada campuran beton K-300. Pada penelitian ini menggunakan abu cangkang Kemiri sebagai bahan tambah semen, dengan variasi penambahan 5%, 10%, dan 15% dari berat semen terhadap mutu beton K-300. Uji tekan beton dilaksanakan pada umur 7 dan 28 hari. Kuat tekan karakteristik yang diperoleh pada umur 28 hari pada variasi beton normal 304,127 kg/cm<sup>2</sup>, variasi beton normal dengan penambahan 5% abu cangkang Kemiri 421,551 kg/cm<sup>2</sup>, variasi beton normal dengan penambahan 10% abu cangkang Kemiri 426,863 kg/cm<sup>2</sup>, dan variasi beton normal dengan penambahan 15% abu cangkang Kemiri 428,210 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa presentase optimum dari penambahan abu cangkang Kemiri adalah sebesar 15% dari berat semen dengan kuat tekan maksimum sebesar 428,210 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil dari penelitian ini semakin banyak penggunaan persentase campuran abu cangkang kemiri semakin meningkat kuat tekannya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Bouzoubaa, N, dkk. (2010) *Carbonation of fly ash concrete: laboratory and field data*. Untuk beton dengan penambahan abu Terbang kelas 25 MPa mengembangkan kuat tekan mulai dari 24,9 hingga 31,6 MPa pada 28 hari, kelas 35 MPa mengembangkan kuat tekan mulai dari 33,6 hingga 39,4 MPa pada 28 hari, dan kelas 45 MPa mengembangkan kuat tekan mulai dari 43,8 hingga 52,6 MPa pada 28 hari.

Pada penelitian Wongsa Ampol, dkk. (2020) *Use of recycled aggregates in pressed fly ash geopolymers concrete* Sehubungan dengan pengaruh rasio abu terbang terhadap agregat, kekuatan tekan PRGC cenderung meningkat seiring dengan peningkatan rasio abu terbang terhadap agregat. Ketika rasio fly ash terhadap agregat meningkat dari 13 menjadi 20%, kuat tekan meningkat dari 2,4 menjadi 7,2 MPa, 4,5 menjadi 8,1 MPa, dan 14,5 menjadi 26,3 MPa .

Faktor penurunan kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi ukuran butiran agregat yang kurang merata yang akan berpengaruh pada kepadatan dan tingkat porositas. Hal ini juga bisa disebabkan karena agregat halus yang tersedia cenderung memiliki ragam ukuran yang

homogen sehingga agregat kurang mampu untuk saling terikat. Gradiasi agregat yang seragam juga mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan karena berpengaruh terhadap *worklablity* adukan beton.

#### 4.1.2 Daya Serap Air

Presentase berat air yang mampu diserap agregat didalam air disebut serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air. Pengujian daya serap air ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh beton setelah direndam dalam periode tertentu. Dalam pengujian ini beton yang sudah mengalami perendaman berumur 28 hari kemudian dikeringkan selama 24 jam. Untuk lebih jelas dapat dilihat hasil pengujian daya serap air yang dicampur dengan abu cangkang kemiri terlampir pada setiap Tabel berikut.

##### 4.1.2.1 Daya Serap Air Pada Beton dengan Perendaman Air Biasa

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air Biasa

| Kode Sampel                                      | Massa Basah Rata-rata (kg) | Massa Kering Rata-rata (kg) | Daya Serap Rata-rata (%) |
|--|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> | 8.166                      | 8.135                       | 0.381                    |
| B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> | 8.039                      | 7.991                       | 0.600                    |
| C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> | 8.139                      | 8.105                       | 0.419                    |
| D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub> | 7.938                      | 7.865                       | 0.928                    |

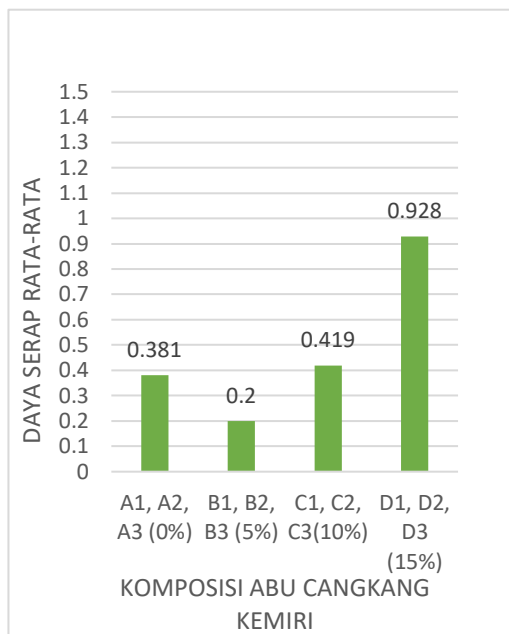
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat daya serap air rata-rata air soda alami (0, 5, 10, 15)% berturut-turut adalah (0.381, 0.200, 0.419, 0.928)%.

##### 4.1.2.2 Daya Serap Air Pada Beton dengan Perendaman Air belerang

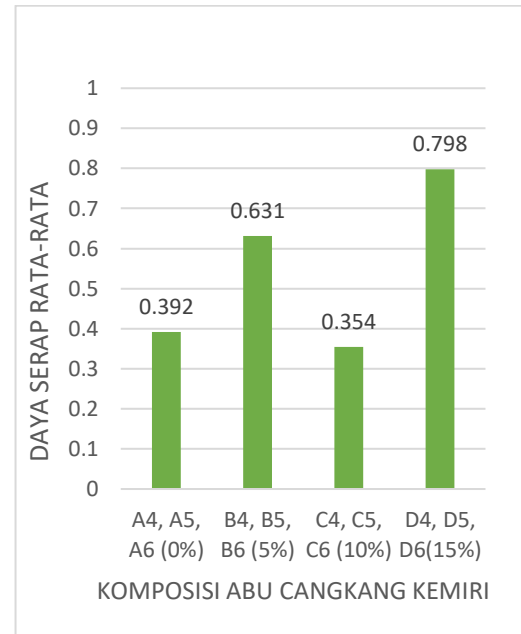
**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air belerang

| Kode Sampel                                      | Massa Basah Rata-rata (kg) | Massa Kering Rata-rata (kg) | Daya Serap Rata-rata (%) |
|--|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> | 8.191                      | 8.159                       | 0.392                    |
| B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , B <sub>6</sub> | 7.973                      | 7.923                       | 0.631                    |
| C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> | 8.200                      | 8.171                       | 0.354                    |
| D <sub>4</sub> , D <sub>5</sub> , D <sub>6</sub> | 7.955                      | 7.892                       | 0.798                    |

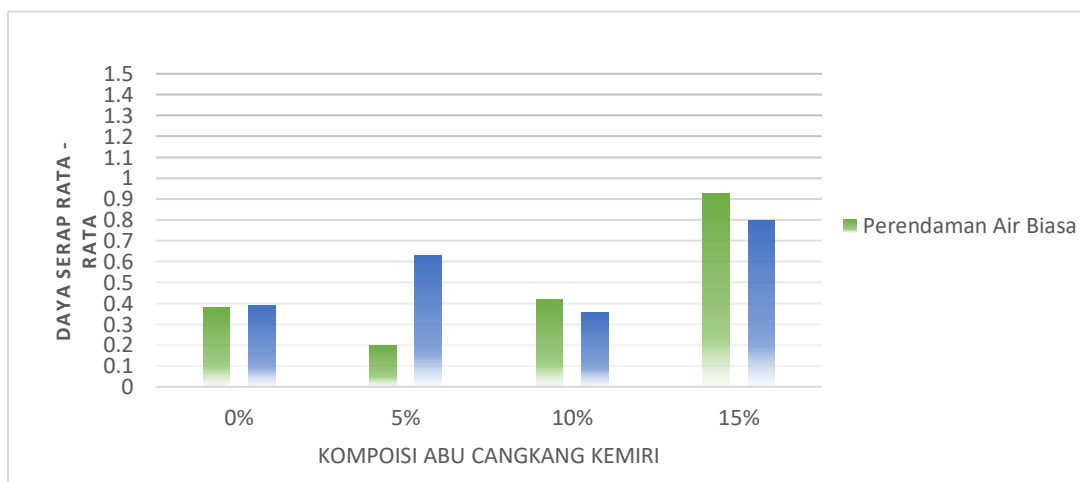
Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat daya serap air rata-rata air belerang (0, 5, 10, 15)% berturut-turut adalah (0.392, 0.631, 0.354, 0.798)%.



**Gambar 4.4** Diagram batang Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air Biasa



**Gambar 4.5** Diagram batang Hasil Pengujian Daya Serap Air dengan Perendaman Air Belerang



**Gambar 4.6.** Diagram batang Pengaruh Perendaman Dan Persentase abu cangkang kemiri Terhadap Daya Serap Air Pada Beton

Daya serap air pada beton dipengaruhi oleh adanya pori atau rongga. Semakin banyak pori yang terkandung dalam beton maka semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanan akan berkurang. Beton yang memiliki nilai daya serap air

minimum akan lebih awet dibandingkan dengan beton yang memiliki daya serap air maksimal. Karna daya serap yang minimum akan memperkecil kemungkinan beton terkontaminasi oleh lingkungan luarnta terutama oleh lingkungan yang agresif.

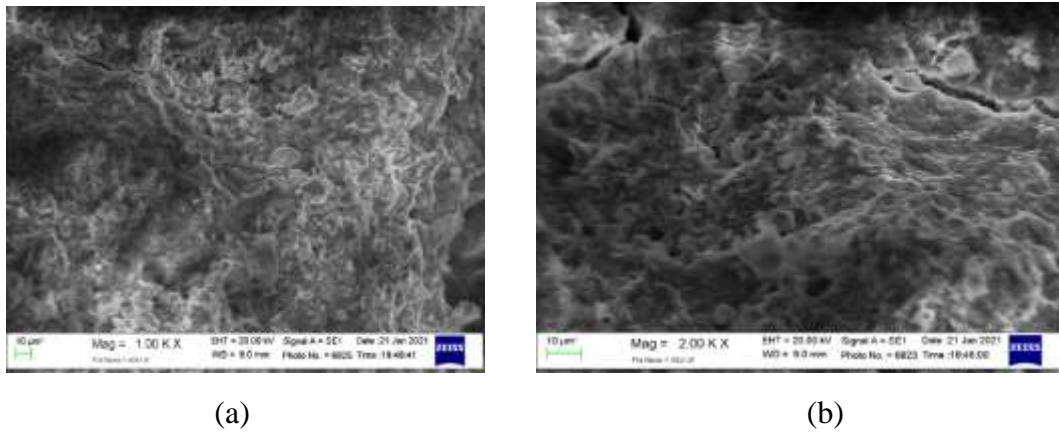
Pada Gambar 4.6 diperoleh daya serap air rata-rata terendah pada komposisi beton dengan penambahan abu cangkang kemiri 10% dengan perendaman air belerang dengan nilai rata-rata 0.354%. Pada penelitian ini daya serap air yang tertinggi diperoleh pada komposisi abu cangkang kemiri 15% pada perendaman air biasa dengan nilai rata-rata 0.928%. hal ini menunjukkan bahwa variasi penambahan abu cangkang kemiri dan variasi perendaman berpengaruh terhadap daya serap air.

Pada penelitian Qi Liqiang dkk, (2019), Porous sound-absorbing materials prepared from fly ash, Diameter pori rata-rata dari fly ash yang tidak dimodifikasi adalah besar. Fly ash dimodifikasi untuk mendapatkan material dengan diameter pori kecil. Massa jenis rata-rata volume sampel adalah 0,93 g/cm kekuatan tekan sekitar 1,2 Mpa, dan porositas rata-rata adalah sekitar 60%. Koefisien penyerapan suara rata-rata sampel dalam pita frekuensi rendah adalah sekitar 0,353, dan koefisien penyerapan suara rata-rata keseluruhan adalah sekitar 0,458.

#### **4.1.3. Scanning Electron Microscope (SEM)**

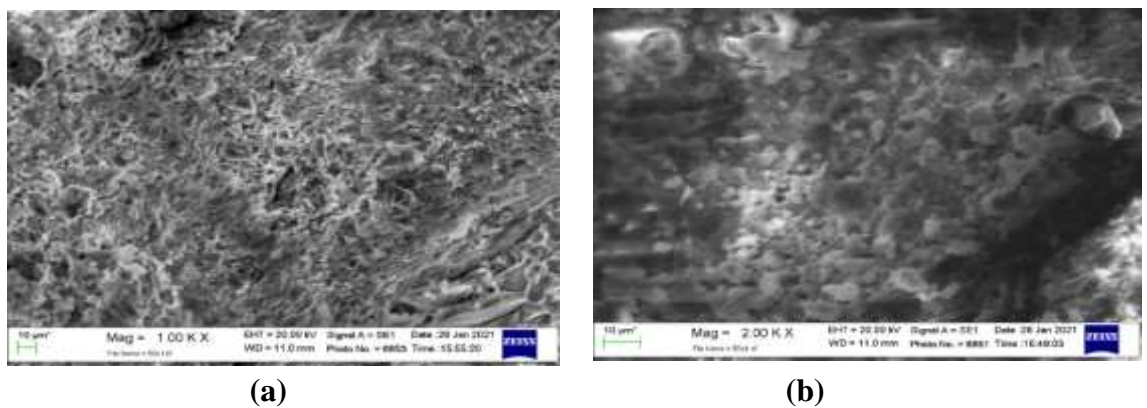
Uji SEM digunakan untuk melihat morfologi dan ukuran partikel pori pada sampel beton menggunakan campuran abu cangkang kemiri . dari perbesaran SEM 1000 dan 2000 kali berikut gambar hasil pengujian SEM pada sampel Beton

#### 4.1.3.1 Hasil Uji Scanning Electron Microscope (SEM) Beton Normal Dengan Perendaman Air Biasa



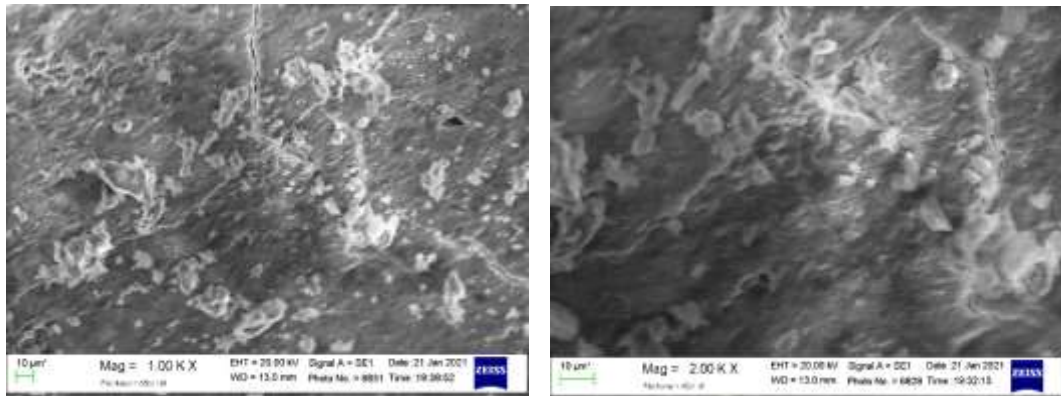
**Gambar 4.7.** Hasil Uji SEM Beton Normal Direndam Air Biasa; (a) Perbesaran 1.00K (b) Perbesaran 2.00 K

#### 4.1.3.2 Hasil Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) Pada Beton Dengan Penambahan abu cangkang kemiri dan perendaman air biasa



**Gambar 4.8.** Hasil Uji SEM Pada Beton Dengan Penambahan Abu cangkang kemiri; (a) Perbesaran 1.00 K (b) Perbesaran 2.00 K

#### 4.1.3.3. Hasil Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) Beton Normal Dengan Perendaman Air belerang



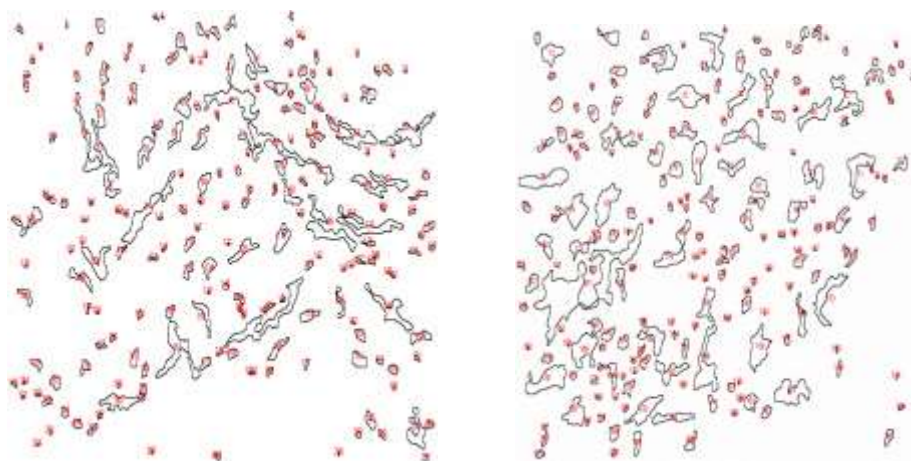
(a)

(b)

**Gambar 4.9.** Hasil Uji SEM Pada Beton Normal dengan perendaman air Belerang  
(a) Perbesaran 1.00 K (b) Perbesaran 2.00 K

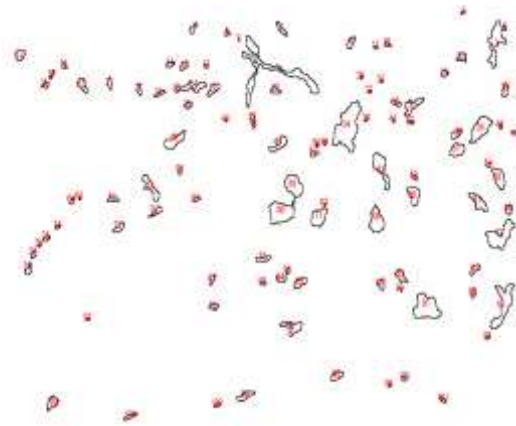
#### 4.2 Pembahasan Analisis Hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Untuk mengetahui struktur mikro pada beton, dilakukan uji SEM. Dengan SEM, dapat diperoleh data mengenai ukuran pori pada beton. Berikut hasil gambar analisis pori partikel campuran komposisi pada sampel beton menggunakan aplikasi software ImageJ.



(a)

(b)



(c)

**Gambar 4.10.** Analisis Pori Partikel Campuran Komposisi Beton Pada Sampel;  
 $A_3, C_3, C_5$

Analisis pori partikel campuran komposisi pada sampel beton ditampilkan pada Gambar 4.10 diatas memperlihatkan bahwa pori Gambar (a), (b) dan (c) tampak memiliki susunan pori yang berbeda-beda. Pada morfologi tersebut ukuran pori rata- rata pada Gambar (a), (b) dan (c) berturut-turut adalah (127.812), (209.798), dan (101.019) nm. Dapat disimpulkan bahwa pada Gambar (b) didapat ukuran pori-pori terbesar dikarenakan campuran pada beton yang kurang homogen sehingga menghasilkan luasan porositas yang besar.

Pada Gambar (a) terlihat bahwa pori yang terbentuk cukup tersebar secara merata , Gambar (a) merupakan beton tanpa campuran abu cangkang kemiri, dimana komposisi agregatnya tidak menggunakan abu cangkang kemiri sehingga pada saat pencampuran masi ada ruang ruang kosong yang membutuhkan ukuran agregat yang lebih kecil untuk mengisinya.

Pada Gambar (b), terlihat gradasi campuran agregat yang kurang baik yang menyebabkan agregat tidak saling mengikat dengan baik. Hal tersebut juga menyebabkan beton menjadi kurang padat. Gambar (b) merupakan beton dengan tambahan abu cangkang kemiri 10% . Beton dengan tingkat kepadatan rendah atau campuran yang kurang homogen dapat menyebabkan ukuran pori membesar dan menurunkan kualitas beton.



Pada Gambar (c), terlihat bahwa pori yang terbentuk menyebar dan lebih kecil dibandingkan Gambar (a) dan Gambar (b). Gambar (c) merupakan beton dengan campuran abu cangkang kemiri 10% dengan perendaman air belerang. Dalam hal ini terlihat bahwa penambahan abu cangkang kemiri dengan perendaman air belerang dapat memperkecil pori-pori pada beton.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Vishwakarma, v, dkk (2020) *Investigation on surface sulfate attack of nanoparticle-modified fly ash concrete* Dalam penelitian ini, beton fly ash (FA) dan beton FA dicampur ified dengan 2% berat nano-TiO<sub>2</sub> (FAT), nano-CaCO<sub>3</sub> (FAC), dan FA dengan rasio 1:1 nano-TiO<sub>2</sub> menjadi nano-CaCO<sub>3</sub> (FATC) . Analisis FESEM menunjukkan bahwa, spesimen beton FA lebih tahan terhadap serangan sulfat dibandingkan dengan FAT, FAC, dan FATC yang terpapar larutan natrium sulfat 3% selama 90 hari . Analisis FESEM mengungkapkan bahwa karena reaksi pozzolan FA, pori-pori sangat sedikit yang tidak mendorong permeabilitas dalam spesimen ini

Pada penelitian Wongsu Ampol, dkk. (2020) *Use of recycled aggregates in pressed fly ash geopolymer concrete* Kepadatan kering, porositas, dan penyerapan air PRGCs tergantung pada abu terbang untuk rasio agregat. Kepadatan kering PRGCs dalam penelitian ini cenderung meningkat dengan peningkatan fly ash untuk rasio agregat sedangkan porositas dan penyerapan air menurun . Ketika porositas menurun, kepadatan kering dan kekuatan tekan meningkat. Peningkatan rasio abu terbang terhadap agregat meningkatkan ketebalan penutup pasta geopolimer agregat

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian kuat tekan dengan variasi komposisi abu cangkang kemiri dan variasi perendaman (air biasa dan air belerang ) meningkatkan kuat tekan pada beton. Kuat tekan beton tertinggi terdapat pada komposisi abu cangkang kemiri 10% yang direndam pada air belerang yaitu sebesar 26.56 Mpa mengalami peningkatan sebesar 1.7% dibandingkan beton normal. Data kuat tekan yang diperoleh telah melampaui kuat tekan yang ditetapkan oleh Badan Standart Nasional Indonesia.
2. Pada hasil penelitian variasi perendaman berpengaruh terhadap daya serap dan kuat tekan beton
3. Hasil pengujian daya serap air pada beton, daya serap air yang paling minimum terdapat pada beton penambahan abu cangkang kemiri 10%

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan mengacu pada hasil penelitian yang telah diperoleh ,maka ada beberapa saran yang dikemukakan oleh penulis yaitu :

1. Perlu adanya perhatian yang lebih teliti untuk penelitian selanjutnya dalam pembuatan sampel dan perawatan yang lebih baik lagi agar tercapai kehomogenan campuran guna meningkatkan kuat tekan beton.
2. Untuk peneliti selanjutnya perlu diperhatikan pembuatan abu cangkang kemiri agar kandungan yang terdapat pada cangkang kemiri tidak hilang.
3. Untuk melengkapi penelitian selanjutnya perlu diperhatikan apa saja kandungan dalam air belerang dan apa manfaatnya untuk beton
4. Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan variasi campuran abu cangkang kemiri dengan variasi yang berbeda sehingga dapat kuat tekan beton yang berguna

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional, (1989), *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam SNI S-04-1989-F*, BSN, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, (2004), *Semen Portland SNI 15-2049-2004*, BSN, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, (2002), *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. SNI 03-2847-2002, BSN, Jakarta
- Bouzoubaa, N, dkk (2010), Carbonation of fly ash concrete: laboratory and field data. *Canadian journal of civil engineering* , Vol 37 Issue 12
- Darul, dkk., (2013), *kajian penambahan serat ijuk terhadap kuat tarik belah beton K-175*, teknik sipil fakultas teknik Universitas Riau, Pekanbaru
- Duggal, S.K. (2008). *Building Material*. New Delhil: New Age International.
- Hakim, A. S, dkk (2020). Characterization of K175 Concrete SNI Standards Using Volcanic Ash Aggregates With Variation in Composition. *The International Conferense on Sciences and Technology Aplications*
- Hutabarat, F. (2006). *Pengujian Sifat Mekanik Beton dengan Filler Serat Serabut Kelapa*. Skripsi. FMIPA. UNIMED. Medan.
- Kartini, Ratni. (2002). *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polmer Berpenguat Serut Alam*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lawes, Graham, (1987), *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, New York: John Wiley & Sons
- Maidayani, (2009), *pengaruh aditif lateks dan komposisi terhadap karakteristik beton dengan menggunakan limbah padat (sludge) industri kertas*, Tesis, USU; Medan

- Minanmulloh, M. A. B, dkk (2020). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K-300 . *Jurmateks*, Vol 3 No 1
- Mulyati dan Adman, A. (2019) Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil* . Vol 6 No 2
- Mulyono, T. (2003, 2004, 2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J., L.M. Brock. (1999). *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Stephanus Hendarko. Jakarta: Erlangga
- Mutiawati, L. (2010). *Kajian Eskperimental Pada Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Buatan Dari Lumpur Lapindo*. Skripsi. FMIPA. UNDIP. Semarang.
- Nababan K. Daniel, (2012), *Pemanfaatan Cangkang Kemiri dalam Pembuatan Beton dan Karakterisasinya*, Skripsi, FMIPA UNIMED, Medan
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT. Refika Aditama. Bandung.
- Nitya, (2015), *Analisis komposisi serat ijuk dengan larutan alkali*, UNY, Yogyakarta
- Nugraha dan Antoni. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugraha, Paul. (2007). *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Surabaya: Andi.
- Perangin-angin, A. (2005). *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri pada Kelunturan Bahan Osilator*. Skripsi. FMIPA UNIMED: Medan.

Qi, Liqiang, dkk (2019), Porous sound-absorbing materials prepared from fly ash,

*Enviromental Science & Pollution Research*, Vol 26 Issue 22

Sagel, R., dan Kole, P., 1993, *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.

Slamet suseno, (1994), *pemanfaatan serat ijuk*, jurnal penelitian pemukiman No 3-4, Bandung.

Surdia, Tata dan shinroku saito., (1984) , *Pengetahuan Bahan Teknik*, Bandung.

Tjokrodinuljo, K., (1992, 1996), *Teknologi beton*, Yogyakarta: PT. Naviri.

Triwulan , D., (2007) *Limah Industri Tingkatan Daya Kuat Tekan Beton*, <http://www.kapanlagi.com/h/0000081867.html/>, diakses pada tanggal 20 februari 2014.

Vishwakarma, V, dkk (2020), investigation on surface sulfate attack of nanoparticle-modified fly ash concrete, *inviromental Science and Pollution Research*, Vol 27 Issue 33

Vlack, V., 1981 *ilmu dan teknologi bahan*, edisi kelima, Terjemahan sriati Djprrie, penerbit Erlangga, Jakarta.

Wongsa, A, dkk (2020) Use of recycled aggregates in pressed fly ash geopolymer concrete., *Enviromental Progress & Sustainable Energy*, Vol 39 Issue 2

Lampiran 1

**SURAT PERSETUJUAN DOSEN PEMBINGBING SKRIPSI**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN FISIKA

Jl. Willem Iskandar Psr V – Kotak Pos No.1589 Medan 20221 Telp.(061) 6625970  
Laman : www.fmipa.unimed.ac.id

Nomor : 06295/UN33.4.6/KR/2019  
Lamp : ---  
Hal : Persetujuan Dosen Pembimbing Skripsi  
Medan, 28 Agustus 2019

Yth. Abdul Rais, S.Pd., S.T., M.Si  
Di Tempat

Bersama ini kami minta dengan hormat kesediaan Saudara untuk menjadi Dosen Pembimbing dalam penyusunan Skripsi mahasiswa di bawah ini :

Nama : TRY MAYSI MARPAUNG  
NIM : 4163240020  
Program Studi : Fisika

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sesuai dengan program studinya. Demikian kami sampaikan, atas kesediaan dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Mengetahui  
Wakil Dekan Bidang Akademik,

Prof. Dr. Herbert Sipahutar, M.S., M.Sc  
NIP. 196106261997101001

Ketua Jurusan,

Dr. Wawan Bunawan, M.Si., M.Pd  
NIP. 19681205 199303 1 001

**PERNYATAAN PERSETUJUAN**

Mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : TRY MAYSI MARPAUNG  
NIM : 4163240020  
Program Studi : Fisika

Dapat saya setuju untuk dibimbing dalam penyusunan skripsinya guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sesuai dengan program studinya.

Medan, 20 - 09 - 2019  
Dosen Pembimbing Skripsi

Abdul Rais, S.Pd., S.T., M.Si  
NIP. 19700714 200801 1 010

Dibuat rangkap 4 (empat) :  
1. Warna Putih untuk Mahasiswa  
2. Warna Merah untuk Jurusan  
3. Warna Kuning untuk Fakultas  
4. Warna Hijau untuk Dosen

## Lampiran 2

## Surat ijin penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
Jl. Willem Iskandar Psr V - Medan Estate. Kotak Pos No. 1589 Medan 20221  
Laman : fmipa.unimed.ac.id

Nomor : **4237**/UN33.4.1/PG/2020 Medan, 17 Desember 2020  
Lampiran : 1 (satu) berkas Proposal Penelitian  
Perihal : Izin Melaksanakan Penelitian

Yth. Lab. Fisika, Lab Teknik Sipil Unimed dan Rumah Briket Medan  
Jl. William Iskandar Psr.V Medan Estet Medan dan Jl.Bajak II Komplek ITM Kel.harjosari Kec.Medan Amp  
di  
Tempat

Dengan hormat, kami memohon bantuan Saudara agar dapat memberikan izin melaksanakan Penelitian di instansi yang Saudara pimpin kepada mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : TRY MAYSY MARPAUNG  
NIM : 4163240020  
Program Studi : S-1 Fisika  
Dosen Pembimbing : Abdul Rais, S.Pd., S.T., M.Si  
Judul Penelitian : Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat Dan Mekanik Beton Normal.  
Tempat Penelitian : Jl. William Iskandar Psr.V Medan Estet Medan dan Jl.Bajak II Komplek ITM Kel.harjosari Kec.Medan Amplas

Perlu diketahui bahwa kegiatan ini dilaksanakan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam penyusunan skripsi mahasiswa tersebut guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di FMIPA Unimed.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

a.n. Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik  
  
Prof. Dr. Herbert Sipahutar, M.S., M.Sc  
NIP. 19620626198710 1 001

## Lampiran 3

**Surat Keterangan Telah Selesai Penelitian Di Teknik Sipil**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM BETON  
Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221  
Laman : [www.unimed.ac.id](http://www.unimed.ac.id)

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Kinanti Wijaya, M.Sc, IPM  
NIP : 198707212009122006  
Jabatan : Kepala Laboratorium Beton FT Unimed

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama : Try Maysi Marpaung  
NIM : 4163240020  
Jurusan : Fisika  
Program Studi : S-1 Fisika

Telah selesai mengadakan penelitian di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, dengan judul penelitian : **"Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat Dan Mekanik Beton Normal."** Demikian surat keterangan ini diperbuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, Januari 2021

Kepala Laboratorium Beton

Dr. Kinanti Wijaya, M.Sc, IPM  
NIP. 198707212009122006



Lampiran 4

**Surat Keterangan Telah Selesai Penelitian Di Laboratorium Fisika**



**LABORATORIUM FISIKA FMIPA  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan 20221

Nomor : 522 /LF/FMIPA/III/2021  
Lampiran : -  
Hal : Izin Melaksanakan Penelitian

Kepada : Yth. Wakil Dekan Bidang Akademik FMIPA UNIMED  
di  
Tempat

Sehubungan dengan Surat dari Wakil Dekan Bidang Akademik FMIPA UNIMED Nomor 4237/UN33.4.1/PG/2020 tanggal 17 Desember 2020 perihal Izin Melaksanakan Penelitian, dengan ini kami memberikan izin penelitian di Laboratorium Fisika kepada Mahasiswa UNIMED atas nama sebagai berikut :

Nama : TRY MAYSI MARPAUNG  
NIM : 4163240020  
Program Studi : Fisika  
Dosen Pembimbing : Abdul Rais, S.Pd., S.T., M.Si  
Judul Penelitian : Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Terhadap Sifat dan Mekanik Beton Normal

Setelah selesai melakukan penelitian, mohon Mahasiswa yang bersangkutan menyerahkan 1(satu) copy Skripsi sebagai syarat penelitian.

Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Medan, 21 Januari 2021  
Kepala Laboratorium Fisika,

Mukti Hamjah Harahap, M.Si  
NIP. 197704252008011011

## Lampiran 5

## Hasil Uji Kekuatan Tekanan Beton

| NO        | Keterangan | CAMPURAN |     |    |     | SILINDER (mm) | TANGGAL    |            | UMUR (hari) | BERAT (kg)     |               | BERAT TERAKSI (kg) | KUAT TEKAN (N/m <sup>2</sup> ) |       |  |
|-----------|------------|----------|-----|----|-----|---------------|------------|------------|-------------|----------------|---------------|--------------------|--------------------------------|-------|--|
|           |            | PG       | PSH | KP | FAS |               | CETAK      | UJ         |             | Keut. Jangkaan | Keut. 28 Hari |                    |                                |       |  |
|           |            |          |     |    |     |               |            |            |             |                |               |                    |                                |       |  |
| 1         | Kulon A1   |          |     |    |     | 12 x 2        | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8,104         | 515,93             | 22,93                          | 23,93 |  |
| 2         | Kulon A2   |          |     |    |     | 12 x 2        | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8,118         | 575,55             | 25,58                          | 25,58 |  |
| 3         | Kulon A3   |          |     |    |     | 12 x 2        | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8,126         | 569,30             | 26,08                          | 26,08 |  |
| Rata-rata |            |          |     |    |     |               |            |            |             |                |               |                    |                                | 24,86 |  |

Medan, 28 Januari 2021

Ditandatangani  
Kepala Laboratorium Beton

*[Signature]*  
Dr. Kinanti Wijaya, M.Sc., SPW


*[Signature]*  
Nanda Purba



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221

| NO | Keterangan | CAMPURAN |     |    | FAS | SLUMP (mm) | TANGGAL    |            | UMUR (hari) | BERAT (kg)     |                  | BEBAN TERKAN (N) | KURIT TERKAN (MPa) |       |
|----|------------|----------|-----|----|-----|------------|------------|------------|-------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|-------|
|    |            | PC       | PSR | KR |     |            | CETAK      | UJI        |             | berat pengalut | estimasi 28 hari |                  |                    |       |
| 1  | Kubus A1   |          |     |    |     | 12 ± 2     | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8.104            | 919,93           | 22,93              | 22,93 |
| 2  | Kubus A2   |          |     |    |     | 12 ± 2     | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8.118            | 875,54           | 25,58              | 25,58 |
| 3  | Kubus A3   |          |     |    |     | 12 ± 2     | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28          |                | 8.126            | 840,90           | 26,08              | 26,08 |
|    |            |          |     |    |     |            |            |            |             |                | Rata-rata        |                  | 24,86              |       |



Medan, 20 Januari 2021

Diketahui Oleh  
 Kepala Laboratorium Beton  
  
 Dr. Khrisik Wijaya, M.Sc. IPM

Dipinjam  
  
 Veronika Purba





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1588 - Medan 20221

| Pencoba         |            | Try Maysi Mappaing |     |    |  |               |            |            |                |   |       |                    |                  |                 |
|-----------------|------------|--------------------|-----|----|--|---------------|------------|------------|----------------|---|-------|--------------------|------------------|-----------------|
| Jenis Benda Uj  |            | Kubus              |     |    |  |               |            |            |                |   |       |                    |                  |                 |
| Jumlah Benda Uj |            | 03 (tiga) buah     |     |    |  |               |            |            |                |   |       |                    |                  |                 |
| NO              | Keterangan | CAMPURAN           |     |    | FAK  | SLUMP<br>(mm) | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BEFAT (kg)  |       | BEDAN<br>TERAN (N) | KUAT TEKAN (Mpa) |                 |
|                 |            | PC                 | PSR | KR |  |               | CETAK      | UJI        |                | CETAK   | UJI   |                    | hasil pengujian  | setoran 28 hari |
| 1               | Kubus B1   |                    |     |    |  | 12 ± 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 8.132 | 327.00             | 14.56            | 14.56           |
| 2               | Kubus B2   |                    |     |    |  | 12 ± 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 7.984 | 326.20             | 14.58            | 14.58           |
| 3               | Kubus B3   |                    |     |    |  | 12 ± 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 7.958 | 324.00             | 14.43            | 14.43           |
| Rata-rata       |            |                    |     |    |  |               |            |            |                |   |       |                    | 14.52            |                 |
|                 |            |                    |     |    | Diteliti oleh<br>Kepala Laboratorium Beton<br><br>Dr. Rizki Wijaya, M.Sc. IPM |               |            |            |                | Medan, 20 Januari 2021<br>Ditau<br><br>Fanny Nurul Purba |       |                    |                  |                 |



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221

| NO   | Keterangan | CAMPURAN |     |    | FAS | SLUMP<br>(mm) | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BERAT (kg)   |       | BERAT<br>TEKAN (N) | KUAT TEKAN (Mpa) |                    |
|--|------------|----------|-----|----|-----|---------------|------------|------------|----------------|--|-------|--------------------|------------------|--------------------|
|  |            | PC       | PSR | KR |     |               | GETAK      | UJI        |                | GETAK  | UJI   |                    | hasil pengujian  | standar 28<br>hari |
| 1  | Kubus D4   |          |     |    |     | 12 ± 2        | 31-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.932 | 381.15             | 16.04            | 16.04              |
| 2  | Kubus D5   |          |     |    |     | 12 ± 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.906 | 381.18             | 17.47            | 17.47              |
| 3  | Kubus D6   |          |     |    |     | 12 ± 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.933 | 374.40             | 16.04            | 16.04              |
| Rata-rata  |            |          |     |    |     |               |            |            |                |  |       |                    | 17.02            |                    |
| Disetujui Oleh<br>Kepala Laboratorium Beton<br><br>Dr. Riniwati Wijaya, M.Sc. IPM |            |          |     |    |     |               |            |            |                | Medan, 30 Januari 2021<br><br>Fanny Helma Purba |       |                    |                  |                    |



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221

| Pembuat<br>Jenis Beton UH<br>Jumlah Beton UH |            | Try Maysi Marawing<br>Kubus<br>03 bagal tuah |     |    |  |               |            |            |                |  |       |                      |                  |                    |
|--|------------|--|-----|----|--|---------------|------------|------------|----------------|--|-------|----------------------|------------------|--------------------|
| NO   | Keterangan | CAMPURAN                                     |     |    | FAS  | SEUMP<br>(mm) | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BERAT (kg)   |       | REBAN<br>TEKAN (MPa) | MUAT TEKAN (Mpa) |                    |
|  |            | PC   | PSR | KR |  |               | CETAK      | UJI        |                | CETAK  | UJI   |                      | hasil pengaman   | minimal 28<br>hari |
| 1  | Kubus C1   |  |     |    |  | 12 x 2        | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |  | 8.886 | 474.60               | 20.96            | 20.96              |
| 2  | Kubus C2   |  |     |    |  | 12 x 2        | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |  | 7.993 | 457.85               | 20.75            | 20.33              |
| 3  | Kubus C3   |  |     |    |  | 12 x 2        | 13-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |  | 9.151 | 476.33               | 21.17            | 21.17              |
| Rata-rata                                    |            |  |     |    |  |               |            |            |                |  |       |                      | 20.83            |                    |
|  |            |  |     |    | Ditetapkan Oleh<br>Kepala Laboratorium Beton<br><br>Dr. Kharis Waryu M.Sc. FM |               |            |            |                | Medan, 26 Januari 2021<br>Dit:<br><br>Ferry Ronda Putra |       |                      |                  |                    |





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr. V - Kotak Pos No. 1589 - Medan 20221

| Pencoba  |            | Tri Mulya Marpaung |     | Kubus |     |   |            |            |                |            |       |                      |                    |                     |
|--|------------|--------------------|-----|-------|-----|---|------------|------------|----------------|------------|-------|----------------------|--------------------|---------------------|
| Jenis Benda Uji  |            | 03 (tiga buah)     |     |       |     |   |            |            |                |            |       |                      |                    |                     |
| NO   | Keterangan | CAMPURAN           |     |       | PAB | DILUMP<br>(mm)  | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BERAT (kg) |       | BERAN<br>TERAKAN (N) | KUAT TERAKAN (Mpa) |                     |
|  |            | PC                 | PSH | KR    |     |   | CETAK      | UJI        |                | CETAK      | UJI   |                      | hasil pengujian    | estimasi SB<br>hari |
| 1  | Kubus C4   |                    |     |       |     | 12 + 2  | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |            | 8.084 | 567,15               | 28,54              | 28,54               |
| 2  | Kubus C3   |                    |     |       |     | 12 + 2  | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |            | 8.190 | 581,18               | 28,63              | 28,63               |
| 3  | Kubus C6   |                    |     |       |     | 12 + 2  | 17-12-2020 | 14-01-2021 | 28             |            | 8.272 | 596,70               | 28,52              | 28,52               |
| Rata-rata  |            |                    |     |       |     |   |            |            |                |            |       |                      | 28,56              |                     |
| Disetujui Oleh:<br>Kepala Laboratorium Beton<br><br>D. Ritanti Wijaya, M.Sc., IPM |            |                    |     |       |     | Medan, 20 Januari 2021<br>Disetujui Oleh:<br><br>Fery Huda Purba |            |            |                |            |       |                      |                    |                     |



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221

| Pernomoran       |            | Try Maysi Magsiang |     |    |     |               |            |            |                |  |           |   |                       |                |
|------------------|------------|--------------------|-----|----|-----|---------------|------------|------------|----------------|--|-----------|---|-----------------------|----------------|
| Jenis Benda Uji  |            | Kubus              |     |    |     |               |            |            |                |  |           |   |                       |                |
| Jumlah Benda Uji |            | 03 Dgn 3 buah      |     |    |     |               |            |            |                |  |           |   |                       |                |
| NO               | Keterangan | SAMPLERAN          |     |    | KAS | SLUMP<br>(mm) | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BERAT (kg)   |           | BEBAN<br>TEKAN (kN)   | KUALITAS TERKAN (Mpa) |                |
|                  |            | PC                 | PSI | KR |     |               | CETAK      | UJI        |                | CETAK  | UJI       |   | hasil pengapalan      | testirasi (kN) |
| 1                | Kubus D1   |                    |     |    |     | 12 x 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.914     | 271.80  | 12.06                 | 12.06          |
| 2                | Kubus D2   |                    |     |    |     | 12 x 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.850     | 292.40  | 13.04                 | 13.04          |
| 3                | Kubus D3   |                    |     |    |     | 12 x 2        | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |  | 7.931     | 266.18  | 11.83                 | 11.83          |
|                  |            |                    |     |    |     |               |            |            |                |  | Rata-rata |   | 12.32                 |                |
|                  |            |                    |     |    |     |               |            |            |                | Medan, 20 Januari 2021   |           |   |                       |                |
|                  |            |                    |     |    |     |               |            |            |                | Diketahui Oleh<br>Kepala Laboratorium Beton  |           | Dua   |                       |                |
|                  |            |                    |     |    |     |               |            |            |                | <br>Dr. Khairi Wijaya, M.Sc., Ph.D. |           | <br>Fanni Nivita Purba |                       |                |





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 Laboratorium Beton  
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan  
 Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1585 - Medan 20221

| NO | Keterangan | CAMPURAN |     |     | FAS | DI LUMP<br>(mm) | TANGGAL    |            | UMUR<br>(hari) | BEHAT (kg)                                  |           | BEDAK<br>TEKAN (N) | KUAT TEKAN (MPa) |                    |
|----|------------|----------|-----|-----|-----|-----------------|------------|------------|----------------|---|-----------|--------------------|------------------|--------------------|
|    |            | PC       | PSR | isi |     |                 | CETAK      | UJI        |                | CETAK                                       | UJI       |                    | kuat pengujian   | selisih 28<br>hari |
| 1  | Beban D4   |          |     |     |     | 12 ± 2          | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 7.004     | 333 ± 0            | 14,36            | 14,36              |
| 2  | Beban D5   |          |     |     |     | 12 ± 2          | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 7.807     | 311 ± 0            | 14,00            | 14,00              |
| 2  | Beban D6   |          |     |     |     | 12 ± 2          | 21-12-2020 | 18-01-2021 | 28             |   | 7.849     | 325 ± 0            | 14,80            | 14,80              |
|    |            |          |     |     |     |                 |            |            |                |   | Rata-rata |                    |                  | 14,24              |
|    |            |          |     |     |     |                 |            |            |                | Medan, 20 Januari 2021                      |           |                    |                  |                    |
|    |            |          |     |     |     |                 |            |            |                | Diketahui Oleh<br>Kepala Laboratorium Beton |           | Demi               |                  |                    |
|    |            |          |     |     |     |                 |            |            |                |   |           |                    |                  |                    |
|    |            |          |     |     |     |                 |            |            |                | Dr. Rini H. Wijaya, M.Sc., Ph.D.            |           | Farid Nuzul Purba  |                  |                    |

## Lampiran 6

**Faktor bentuk benda uji**

Berdasarkan PBI tahun 1971, bentuk benda uji yang digunakan dalam mencetak sampel beton berpengaruh terhadap nilai tekan beton yang ada. Nilai faktor benda uji ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

| <b>Benda uji</b>              | <b>Perbandingan kuat tekan beton</b> |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Kubus 15 x15 x15 $cm^3$       | 1,00                                 |
| Kubus 20 x 20 x 20 $cm^3$     | 0,95                                 |
| Silinders , d=15 cm , t=30 cm | 0,83                                 |

Sumber : Mulyono

## Lampiran 7

**Komposisi adukan beton dengan rencana agregat**

| Nama bahan | Massa/volume ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | Perbandingan |
|------------|---|--------------|
| Semen      | 371                                     | 1            |
| Pasir      | 698                                     | 1.9          |
| Kerikil    | 1048                                    | 2.8          |
| Air        | 215                                     | 0.5          |
| Total      | 2331                                    | 6.3          |

Volume untuk 1 buah beton :  $p = 15\text{cm}, l = 15\text{cm}, t = 15\text{cm}$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume beon pada sampel beton} &= p \times l \times t \\
 &= 15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm} \\
 &= 3375 \\
 &= 0.003375 \text{ m}^3 \\
 &= 3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pengerjaan 1 sampel kubus} &= \text{volume kubus} \times \text{jumlah kubus} \\
 &= (0.003375) \times (1) \\
 &= 0.003375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa beton untuk 3 sampel} &= 0.003375 \text{ m}^3 \times 3 \times 2331 \text{ kg}/\text{m}^3 \\
 &= 23.6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\text{Massa semen untuk 3 buah sampel} = \frac{1}{6.3} \times 23.6 \text{ kg} = 3.75 \text{ kg}$$

$$\text{Massa pasir untuk 3 buah sampel} = \frac{1.9}{6.3} \times 23.6 \text{ kg} = 7.1 \text{ kg}$$

$$\text{Massa kerikil untuk 3 buah sampel} = \frac{2.8}{6.3} \times 23.6 \text{ kg} = 10.5 \text{ kg}$$

$$\text{Massa air untuk 3 buah sampel} = \frac{0.6}{6.3} \times 23.6 \text{ kg} = 2.25 \text{ kg}$$

Untuk menghindari hilangnya adonan beton pada waktu pengecoran maka dilakukan penambahan agregat dengan tidak mengubah perbandingan dari agregat tersebut dengan *Safety Factor (SF) = 20%*

| Nama Bahan | Perhitungan Massa                 |                          |
|------------|-----------------------------------|--------------------------|
|            | Perhitungan Massa sebenarnya (kg) | Penambahan SF (20%) (kg) |
| Semen      | 3.75                              | 4.5                      |
| Pasir      | 7.1                               | 8.5                      |
| Kerikil    | 10.5                              | 12.6                     |
| Air        | 2.2                               | 2.6                      |

Untuk beton dengan campuran abu cangkang kemiri 0%, 5%, 10%, 15%

Perbandingan abu cangkang kemiri dengan semen 0% dengan semen 100%

$$\text{Abu cangkang kemiri} = 0\% \times 4.5 \text{ kg} = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 100\% \times 4.5 \text{ kg} = 4.5 \text{ kg}$$

Perbandingan abu cangkang kemiri dengan semen 5% dengan semen 95%

$$\text{Abu cangkang kemiri} = 5\% \times 4.5 \text{ kg} = 0.225 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 95\% \times 4.5 \text{ kg} = 4.275 \text{ kg}$$

Perbandingan abu cangkang kemiri dengan semen 10% dengan semen 90%

$$\text{Abu cangkang kemiri} = 10\% \times 4.5 \text{ kg} = 0.45 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 90\% \times 4.5 \text{ kg} = 4.05 \text{ kg}$$

Perbandingan abu cangkang kemiri dengan semen 15% dengan semen 85%

$$\text{Abu cangkang kemiri} = 15\% \times 4.5 \text{ kg} = 0.675 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 85\% \times 4.5 \text{ kg} = 3.825 \text{ kg}$$

## Lampiran 8

**Data dan Perhitungan Kekuatan Beton**

## 1. Data dan Perhitungan Kekuatan Tekanan Pada Beton Dengan Perendaman Air biasa

| Kode Sampel uji | Luas Permukaan ( $m^2$ ) | Bebas Tekan (Kn) |           | Kuat Tekan (Mpa) |           |
|-----------------|--------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|
|                 |                          | Hasil            | Rata-rata | Hasil            | Rata-rata |
| $A_1$           | 0.0225                   | 515.9            | 559.4     | 22.93            | 24.9      |
| $A_2$           | 0.0225                   | 575.7            |           | 25.58            |           |
| $A_3$           | 0.0225                   | 586.7            |           | 26.08            |           |
| $A_4$           | 0.0225                   | 597.1            | 496.0     | 19.79            | 19.8      |
| $A_5$           | 0.0225                   | 432.9            |           | 19.24            |           |
| $A_6$           | 0.0225                   | 458.1            |           | 20.36            |           |
| $B_1$           | 0.0225                   | 327.6            | 326.9     | 14.56            | 14.53     |
| $B_2$           | 0.0225                   | 328.3            |           | 14.59            |           |
| $B_3$           | 0.0225                   | 324.7            |           | 14.43            |           |
| $B_4$           | 0.0225                   | 381.2            | 555.1     | 16.94            | 17.02     |
| $B_5$           | 0.0225                   | 393.1            |           | 17.47            |           |
| $B_6$           | 0.0225                   | 374.4            |           | 16.64            |           |
| $C_1$           | 0.0225                   | 471.7            | 468.4     | 20.96            | 20.83     |
| $C_2$           | 0.0225                   | 457.4            |           | 20.35            |           |
| $C_3$           | 0.0225                   | 476.2            |           | 21.17            |           |
| $C_4$           | 0.0225                   | 597.1            |           | 26.54            |           |

|       |        |       |       |       |       |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $C_5$ | 0.0225 | 599.1 | 597.4 | 26.63 | 26.6  |
| $C_6$ | 0.0225 | 596.1 |       | 26.52 |       |
| $D_1$ | 0.0225 | 271.8 | 277.1 | 12.08 | 12.32 |
| $D_2$ | 0.0225 | 293.4 |       | 13.04 |       |
| $D_3$ | 0.0225 | 266.2 |       | 11.83 |       |
| $D_4$ | 0.0225 | 323.1 | 322.6 | 14.36 | 14.34 |
| $D_5$ | 0.0225 | 315.7 |       | 14.03 |       |
| $D_6$ | 0.0225 | 329.2 |       | 14.63 |       |

Panjang kubus,  $p = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$

Ketidakpastian dari  $p$ ,  $\Delta p = \frac{1}{2} \text{ nst mistar}$

$$= \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ cm}$$

$$= 0,05 \text{ cm}$$

$$= 0,0005 \text{ m} = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$p = (0,15 \pm 0,0005)$$

Lebar kubus,  $l = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$

Ketidakpastian dari  $l$ ,  $\Delta l = \frac{1}{2} \text{ nst mistar}$

$$= \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ cm}$$

$$= 0,05 \text{ cm}$$

$$= 0,0005 \text{ m} = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$l = (0,15 \pm 0,0005)$$

Luas penampang kubus,  $A = p \times l$

$$A = 15 \times 15 \text{ m}^2$$

$$A = 0,0225 \text{ m}^2$$

Ketidakpastian A

Ketidakpastian untuk tekanan adalah :  $P = \frac{F}{A}$

Misalkan  $u = l$                        $v = p$

$u' = \Delta l$                        $v' = \Delta p$

$$\Delta A = uv' + vu'$$

$$\Delta A = p\Delta l + l\Delta p$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{p\Delta l + l\Delta p}{A}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \left| \frac{p\Delta l}{pxl} \right| + \left| \frac{l\Delta p}{pxl} \right|$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \left| \frac{\Delta p}{p} \right| + \left| \frac{\Delta l}{l} \right|$$

$$\Delta A = \left\{ \left| \frac{\Delta p}{p} \right| + \left| \frac{\Delta l}{l} \right| \right\} \times A$$

$$\Delta A = \left\{ \left| \frac{0,0005}{0,15} \right| + \left| \frac{0,0005}{l_{0,15}} \right| \right\} \times 0,0225$$

$$\Delta A = (0,033 + 0,033) \times 0,0225$$

$$\Delta A = 0,015 \text{ m}^2$$

$$A = (0,0225 \pm 0,0015) \text{ m}^2$$

Ketidakpastian untuk tekanan adalah :  $P = \frac{F}{A}$

Misalkan :  $u = F$                        $u' = \Delta F$

$v = A$                        $v' = \Delta A$

$$\partial P = \frac{u'v - v'u}{v^2}$$

$$\partial P = \frac{\partial FA}{A^2} - \frac{\partial AF}{A^2}$$

$$\frac{\partial P}{P} = \left| \frac{\partial FA}{\frac{A^2}{P}} \right| + \left| \frac{\partial AF}{\frac{A^2}{P}} \right|$$

$$\frac{\partial P}{P} = \left| \frac{\partial FA}{\frac{A^2}{F}} \right| + \left| \frac{\partial AF}{\frac{A^2}{A}} \right|$$

$$\frac{\partial P}{P} = \left| \frac{\partial F}{F} \right| + \left| \frac{\partial A}{A} \right|$$

$$\frac{\partial P}{P} = \left| \frac{\Delta F}{F} \right| + \left| \frac{\Delta A}{A} \right|$$

$$\Delta P = \left\{ \left| \frac{\partial F}{F} \right| + \left| \frac{\partial A}{A} \right| \right\} \times P$$

Ketidakpastian untuk beban tekan  $F > 500 \text{ Kn}$

$$\begin{aligned} \Delta F &= \frac{1}{2} \times nst \text{ alat} \\ &= \frac{1}{2} \times 10 \text{ kN} \\ &= 5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ketidakpastian untuk beban tekan  $F < 500 \text{ Kn}$

$$\begin{aligned} \Delta F &= \frac{1}{2} \times nst \text{ alat} \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \text{ kN} \\ &= 1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk beton yang direndam pada air biasa

Kuat tekan pada beton dengan campuran abu cangkang kemiri 0%

Untuk beton dengan kode  $A_1$

Beban tekan  $F_1 = (515.9 \pm 5) \times 10^3 \text{ N}$

$$P_1 = \frac{F_1}{A}$$

$$P_1 = \frac{515.9 \times 10^3}{0.0225}$$

$$P_1 = 22928.8 \times 10^3$$

$$P_1 = 22.928 \times 10^6$$



$$P_1 = 22.93 \text{ Mpa}$$

$$\Delta P_1 = \left\{ \left| \frac{\Delta F}{F_{11}} \right| + \left[ \frac{\Delta A}{A} \right] \right\} \times P_1$$

$$\Delta P_1 = \left\{ \left| \frac{5}{515.9} \right| + \left| \frac{0.0015}{0.0225} \right| \right\} \times 22.93$$

$$\Delta P_1 = \left\{ 0.0097 + 0.06 \right\} \times 22.93$$

$$\Delta P_1 = 0.0697 \times 22.93$$

$$\Delta P_1 = 1.59$$

$$KTPR = \frac{\Delta P_1}{P_1} \times 100\%$$

$$KTPR = \frac{1.59}{22.93} \times 100\%$$

$$KTPR = 6.9\%$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta P_{11}}{P_{11}}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{1.59}{22.93}$$

$$BAB = 1 + 1.2$$

$$BAB = 2.2$$

$$Hp = (P_1 \pm \Delta P_1)$$

$$Hp = (22.93 \pm 1.59) \text{ MPa}$$

Untuk beton dengan kode A<sub>2</sub>, beban tekan  $F_2 = (575.5 \pm 5) \times 10^3 \text{ N}$

$$P_2 = \frac{F_2}{A}$$

$$P_{12} = \frac{575.5 \times 10^3}{0.0225}$$

$$P_2 = 2555.5 \times 10^3$$

$$P_2 = 25.555 \times 10^6$$

$$P_2 = 25.55 \text{ MPa}$$

$$\Delta P_2 = \left\{ \left| \frac{\Delta F}{F_2} \right| + \left| \frac{\Delta A}{A} \right| \right\} x P_2$$

$$\Delta P_2 = \left\{ \left| \frac{5}{575.5} \right| + \left| \frac{0.0015}{0.0225} \right| \right\} x 25.55$$

$$\Delta P_2 = \{0.0086 + 0.0667\} x 25.55$$

$$\Delta P_2 = 0.0753 x 25.55$$

$$\Delta P_2 = 1.92 MPa$$

$$KTPR = \frac{\Delta P_2}{P_2} x 100\%$$

$$KTPR = \frac{1.92}{25.55} x 100\%$$

$$KTPR = 7.5\%$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta P_2}{P_2}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{1.92}{25.55}$$

$$BAB = 1 + 1.15$$

$$BAB = 2.15$$

Untuk beton dengan kode A<sub>3</sub>, beban tekan  $F_3 = (586.80 \pm 5) x 10^3 N$

$$P_3 = \frac{F_3}{A}$$

$$P_{13} = \frac{586.8 x 10^3}{0.0225}$$

$$P_{13} = 26080 x 10^3$$

$$P_{13} = 26.080 x 10^6$$

$$P_{13} = 26.08 MPa$$

$$\Delta P_3 = \left\{ \left| \frac{\Delta F}{F_3} \right| + \left| \frac{\Delta A}{A} \right| \right\} \times P_3$$

$$\Delta P_3 = \left\{ \left| \frac{5}{586.8} \right| + \left| \frac{0.0015}{0.0225} \right| \right\} \times 26.08$$

$$\Delta P_3 = \{0.0085 + 0.0667\} \times 26.08$$

$$\Delta P_3 = 0.0075 \times 26.08$$

$$\Delta P_3 = 1.96 \text{ MPa}$$

$$KTPR = \frac{\Delta P_3}{P_3} \times 100\%$$

$$KTPR = \frac{1.96}{26.08} \times 100\%$$

$$KTPR = 7.5\%$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta P_3}{P_3}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{1.96}{26.08}$$

$$BAB = 1 + 1.12$$

$$BAB = 2.12$$

$$Hp = (P_3 \pm \Delta P_3)$$

$$Hp = (26.08 \pm 1.96) \text{ MPa}$$

Nilai kuat tekan rata-rata beton normal adalah :

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i}{n}$$

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_1 + P_3}{3}$$

$$\bar{P} = \frac{(22.93 + 25.58 + 26.08)}{3}$$

$$\bar{P} = 24.86 \text{ MPa}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3 \cdot (1845.03) - (74.6)^2}{3-1}}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{5535.1 - 5565.16}{2}}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2.13}{2}}$$

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{3} \sqrt{1.06}$$

$$\Delta \bar{P} = 0.34 \text{ MPa}$$

## Lampiran 9

**Data dan Perhitungan Daya Serap Air****1. Data dan Perhitungan Daya Serap Air Pada Beton dengan Perendaman Air Biasa**

| Kode Sampel | Beton Basah (kg) |           | Beton Kering (kg) |           | Daya Serap Air Rata-rata (%) |
|-------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------------------|
|             | Hasil            | Rata-rata | Hasil             | Rata-rata |                              |
| $A_1$       | 8.194            | 8.166     | 8.164             | 8.135     | 0.381                        |
| $A_2$       | 8.146            |           | 8.117             |           |                              |
| $A_3$       | 8.157            |           | 8.125             |           |                              |
| $B_1$       | 8.179            | 8.039     | 8.132             | 7.991     | 0.600                        |
| $B_2$       | 8.035            |           | 7.984             |           |                              |
| $B_3$       | 7.904            |           | 7.858             |           |                              |
| $C_1$       | 8.225            | 8.139     | 8.188             | 8.105     | 0.419                        |
| $C_2$       | 8.027            |           | 7.993             |           |                              |
| $C_3$       | 8.166            |           | 8.135             |           |                              |
| $D_1$       | 7.958            | 7.938     | 7.193             | 7.892     | 1.305                        |
| $D_2$       | 7.771            |           | 7.832             |           |                              |
| $D_3$       | 7.866            |           | 7.931             |           |                              |

Nst neraca = 0,2 kg

Ketidakpastian untuk *Massa*  $\Delta_m = \frac{1}{2} nst\ neraca$

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

$$= 0,1 \text{ kg}$$

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

Misalkan :

$$u = m_b - m_k \qquad v = m_k$$

$$u' = \Delta m_b - \Delta m_k \qquad v' = \Delta m_k$$

$$\partial WA = \frac{u'v - v'u}{v^2}$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \frac{(\partial m_b - \partial m_k)m_k - \partial m_k(m_b - m_k)}{m_k^2} \times \frac{1}{WA}$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \frac{(\partial m_b - \partial m_k)m_k - \partial m_k(m_b - m_k)}{m_k^2} \times \frac{m_k}{m_b - m_k}$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \left| \frac{(\partial m_k - \partial m_b)m_k - (m_b - m_k)\partial m_k}{m_k^2(m_b - m_k)} \right|$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \left| \frac{\partial m_b - \partial m_k}{m_k(m_b - m_k)} \right| + \left| \frac{\partial m_k(m_b - m_k)}{m_k(m_b - m_k)} \right|$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \left| \frac{(\partial m_b - \partial m_k)}{(m_b - m_k)} \right| + \left| \frac{\partial m_k}{m_k} \right|$$

$$\frac{\partial WA}{WA} = \left\{ \left| \frac{(\partial m_b - \partial m_k)m_k}{m_b - m_k} \right| + \left| \frac{\partial m_k}{m_k} \right| \right\} \times WA$$

- Perhitungan untuk beton yang direndam pada air biasa
  - Daya serap air pada beton dengan campuran beton normal

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

$$WA = \frac{8.1666 - 8.135}{8.135} \times 100\%$$

$$WA = 0.381\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{\Delta m_b - \Delta m_k}{m_b - m_k} \right| + \left| \frac{\Delta m_k}{m_k} \right| \right\} \times 100\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{0.1 - 0.1}{8.1666 - 8.135} \right| + \left| \frac{0.1}{8.135} \right| \right\} \times 100\%$$

$$\Delta WA = 0.008$$

Pada beton basah nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(200.035) - (24.497)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{600.105 - 600.103}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.002}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.001}$$

$$\Delta WA = 0.0105$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.0105}{8.257}$$

$$BAB = 1 - \log(0.018)$$

$$BAB = 1 + 1.744$$

$$BAB = 2.744$$

Pada beton kering nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(201.736) - (24.6)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{605.208 - 605.16}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.048}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.024}$$

$$\Delta WA = 0.155$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.155}{8.200}$$

$$BAB = 1 - \log(0.019)$$

$$BAB = 1 + 1.721$$

$$BAB = 2.721$$

- Daya serap air pada beton dengan campuran abu cangkang kemiri 5% dan semen 95%

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

$$WA = \frac{8.039 - 7.991}{7.991} \times 100\%$$

$$WA = 0.600\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{\Delta m_b - \Delta m_k}{m_b - m_k} \right| + \left| \frac{\Delta m_k}{m_k} \right| \right\} \times 100\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{0.1 - 0.1}{8.039 - 7.991} \right| + \left| \frac{0.1}{7.991} \right| \right\} \times 0.600$$

$$\Delta WA = 0.007$$

Pada beton basah nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(193.30) - (24.11)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{581.79 - 581.67}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.12}{2}}$$



$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.06}$$

$$\Delta WA = 0.08$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.08}{8.039}$$

$$BAB = 1 - \log(0.009)$$

$$BAB = 1 + 2.045$$

$$BAB = 3.045$$

Pada beton kering nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(191.62) - (23.974)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{574.865 - 574.753}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.112}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.056}$$

$$\Delta WA = 0.078$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.078}{7.991}$$

$$BAB = 1 - \log(0.009)$$

$$BAB = 1 + 2.045$$

$$BAB = 3.045$$

- Daya serap air pada beton dengan campuran abu cangkang kemiri 10% dan semen 90%

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

$$WA = \frac{8.139 - 8.105}{8.105} \times 100\%$$

$$WA = 0.419\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{\Delta m_b - \Delta m_k}{m_b - m_k} \right| + \left| \frac{\Delta m_k}{m_k} \right| \right\} \times 100\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{0.1 - 0.1}{8.139 - 8.105} \right| + \left| \frac{0.1}{8.105} \right| \right\} \times 0.419$$

$$\Delta WA = 0.005$$

Pada beton basah nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(198.766) - (24.418)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{596.298 - 596.238}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.006}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.003}$$

$$\Delta WA = 0.018$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.018}{8.139}$$

$$BAB = 1 - \log(0.002)$$

$$BAB = 1 + 2.69$$

$$BAB = 3.69$$

Pada beton kering nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(197.109) - (24.136)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{591.328 - 591.267}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.061}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.0305}$$

$$\Delta WA = 0.058$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.058}{8.105}$$

$$BAB = 1 - \log(0.007)$$

$$BAB = 1 + 2.15$$

$$BAB = 3.15$$

## 2. Data dan Perhitungan Daya Serap Air Pada Beton dengan Perendaman Air Belerang

| Kode Sampel | Beton Basah (kg) |           | Beton Kering (kg) |           | Daya Serap Air Rata-rata (%) |
|-------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------------------|
|             | Hasil            | Rata-rata | Hasil             | Rata-rata |                              |
| $A_4$       | 8.182            | 8.191     | 8.151             | 8.159     | 0.392                        |
| $A_5$       | 8.276            |           | 8.245             |           |                              |
| $A_6$       | 8.115            |           | 8.083             |           |                              |
| $B_4$       | 7.983            | 7.973     | 7.931             | 7.923     | 0.631                        |
| $B_5$       | 7.955            |           | 7.905             |           |                              |
| $B_6$       | 7.981            |           | 7.933             |           |                              |
| $C_4$       | 8.112            | 8.200     | 8.084             | 8.171     | 0.354                        |
| $C_5$       | 8.186            |           | 8.159             |           |                              |

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $C_6$ | 8.303 |       | 8.272 |       |       |
| $D_4$ | 7.978 | 7.995 | 7.933 | 7.892 | 0.798 |
| $D_5$ | 7.991 |       | 7.936 |       |       |
| $D_6$ | 7.895 |       | 7.848 |       |       |

- Perhitungan untuk beton yang direndam pada air belerang
- Daya serap air pada beton dengan campuran beton normal

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$$

$$WA = \frac{8.191 - 8.159}{8.159} \times 100\%$$

$$WA = 0.392\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{\Delta m_b - \Delta m_k}{m_b - m_k} \right| + \left| \frac{\Delta m_k}{m_k} \right| \right\} \times 100\%$$

$$\Delta WA = \left\{ \left| \frac{0.1 - 0.1}{8.191 - 8.159} \right| + \left| \frac{0.1}{8.159} \right| \right\} \times 0.392$$

$$\Delta WA = 0.004$$

Pada beton basah nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(201.290) - (24.57)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{603.871 - 603.832}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.03}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.015}$$

$$\Delta WA = 0.036$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.036}{8.191}$$

$$BAB = 1 - \log(0.004)$$

$$BAB = 1 + 2.39$$

$$BAB = 3.39$$

Pada beton kering nilai  $\Delta WA$  rata-rata:

$$\Delta WA = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{3(199.753) - (24.4)^2}{3-1}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{599.261 - 599.221}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0.039}{2}}$$

$$\Delta WA = \frac{1}{3} \sqrt{0.019}$$

$$\Delta WA = 0.04$$

$$BAB = 1 - \log \frac{\Delta WA}{WA}$$

$$BAB = 1 - \log \frac{0.04}{8.159}$$

$$BAB = 1 - \log(0.005)$$

$$BAB = 1 + 2.30$$

$$BAB = 3.30$$

Lampiran 10

### Dokumentasi



**Gambar 1.** Semen portland tipe I



**Gambar 2.** Menimbang bahan



**Gambar 3.** Pencampuran bahan dan Pengadukan campuran



**Gambar 4.** Campuran dimasukkan kedalam cetakan



**Gambar 5.** Pemberian nama sampel



**Gambar 6.** Cetakan dikeringkan selama 24 jam



**Gambar 7.** Beton yang sudah dikeringkan selama 24 jam dikeluarkan dari cetakan berbentuk kubus



**Gambar 8 .** Perendaman Sampel pada air biasa dan air belerang



**Gambar 9.** Sampel dikeringkan sebelum Uji kuat Tekan





**Gambar 10.** Sampel ditimbang sebelum diuji kuat Tekan



**Gambar 11.** Pengujian Kuat Tekanan