

"TUGAS AKHIR"

**PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON
YANG DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT
SALINITAS YANG BERBEDA-BEDA**



Disusun Oleh :

ICU SUGIANTO UMAR

45 10 041 044

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2019



UNIVERSITAS BOSOWA

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Telp (0411) 452 901-452 789

Fax. (0411) 424 568 Website: www.universitasbosowa.ac.id

Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir :

“PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT SALINITAS YANG BERBEDA-BEDA “

Nama Mahasiswa : Icu Sugianto Umar

No. Stambuk : 45 10 041 044

Fakultas / Jurusan : Teknik / Sipil

Sebagai salah satu syarat, guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** pada Jurusan Sipil

Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TELAH DISETUJUI KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman, MT

(.....)

Pembimbing II : Hijriah, ST, MT

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ridwan, ST, M.Si

NIDN:0910127101

Ketua Jurusan Sipil

Nurhadiah Yuniarti, ST, MT

NIDN : 0916068201



UNIVERSITAS BOSOWA

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Telp (0411) 452 901-452 789

Fax. (0411) 424 568 Website: www.universitاسbosowa.ac.id

Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A.227/SK/FT/UNIBOS/V/2017, tanggal 10 April 2017, perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Padahari/tanggal : Selasa / 26 Desember 2017

Nama : Icu Sugianto Umar

No.Stambuk : 45 10 041 044

Judul : **PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT SALINITAS YANG BERBEDA-BEDA**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua (Exofficio) : Ir. H. Syahrul Sariman, MT

Sekretaris (Exofficio) : Hijriah, ST. MT

Anggota : Arman Setiawan, ST.MT

Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.SI

Makassar, 2019

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ridwan, ST., M.Si

NIDN.09-2406-7601

Ketua Jurusan Sipil

Nurhadifah Yunianti, ST., MT

NIDN. 09-050873-04



UNIVERSITAS
BOSOWA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

Jln. Urip Sumoharjo Km.4 Gd.2 Lt.6
Makassar-Sulawesi Selatan 90231
Telp.0411 452901 – 452789 ext.116
Fax.0411424568
<http://www.universitaspbosoa.ac.id>

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Icu Sugianto Umar

Nomor Stambuk : 45 10 041 044

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir :

PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG
DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT SALINITAS YANG
BERBEDA-BEDA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkanya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, April 2019



nyatakan
ICU SUGIANTO UMAR

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat, hikmat, bimbingan dan kasih anugerah-Nya yang selalu menyertai mulai dari awal pengumpulan ide, pembuatan proposal, penelitian di Laboratorium hingga penulis dapat menyelesaikan karya penulisan tugas akhir ini, menyangkut masalah dibidang bahan konstruksi dalam hal ini beton, dengan judul **“PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT SALINITAS YANG BERBEDA-BEDA”**

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan akademis guna memperoleh gelar kersarjanaan strata satu (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar.

Selesainya penelitian dan penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu, mengarahkan, membimbing, dan memberikan dorongan dengan tulus. Bersama ini penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ridwan, ST.,MT.SI Selaku Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
2. Ibu Nurhadijah Yunianti, ST.,MT Selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

3. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT. Selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Hijriah, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II, yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Eka Yuniarto, ST., MT. Selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
6. Bapak Hasrullah,. ST. Selaku Asisten Laboratorium yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan dengan penelitian ini.
7. Seluruh Staf Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
8. Secara khusus rasa hormat dan terima kasih kepada kedua orang tua saya, dan kakak yang dengan tulus mendoakan, memberikan semangat, membiayai dan selalu mendukung setiap proses studiku.
9. Rekan-rekan Mahasiswa jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya angkatan 2010, aku bangga bisa bertemu, menjadi saudara yang tak sedarah dengan kalian.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena terbatasnya pengetahuan dan kemampuan dari

penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun guna perbaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Makassar, April 2019

PENULIS



DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGAJUAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian..... | I-3 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah..... | I-3 |
| 1.4 Gambaran Umum Penelitian..... | I-3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | I-4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Beton..... | II-1 |
| 2.1.1 Sifat – Sifat Beton..... | II-1 |
| 2.1.2 Bahan-Bahan Beton | II-6 |
| 2.1.3 Jenis Pengujian Agregat Penyusun Beton..... | II-14 |
| 2.2 Mix Design Beton Normal..... | II-17 |

| | |
|--|-------|
| 2.3 Nilai Slump | II-28 |
| 2.4 Kuat Tekan..... | II-28 |
| 2.4.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan | II-29 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Bagan Alir Penelitian | III-1 |
| 3.2 Penentuan Mix Design Beton Normal | III-2 |
| 3.3 Variabel Penelitian..... | III-3 |
| 3.3.1 Variabel Terikat..... | III-3 |
| 3.3.2 Variabel Bebas | III-3 |
| 3.3 Notasi Sampel | III-3 |
| 3.4 Metode Penelitian | III-4 |
| 3.5.1 Pengujian Karakteristik Agregat..... | III-4 |
| 3.5.2 Pengujian Kuat tekan..... | III-5 |
| | |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Karakteristik Material..... | IV-1 |
| 4.2 Perencanaan Campuran Beton..... | IV-5 |
| 4.2.1 Perencanaan Campuran Beton Normal | IV-5 |
| 4.2.2 Perencanaan Campuran Beton Air Soda | IV-7 |
| 4.3 Pengujian Slump Test..... | IV-7 |
| 4.4 Pengujian Kuat Tekan | IV-8 |
| 4.4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal | IV-8 |
| 4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Air Soda..... | IV-9 |

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan..... V-1

5.2 Saran..... V-1

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

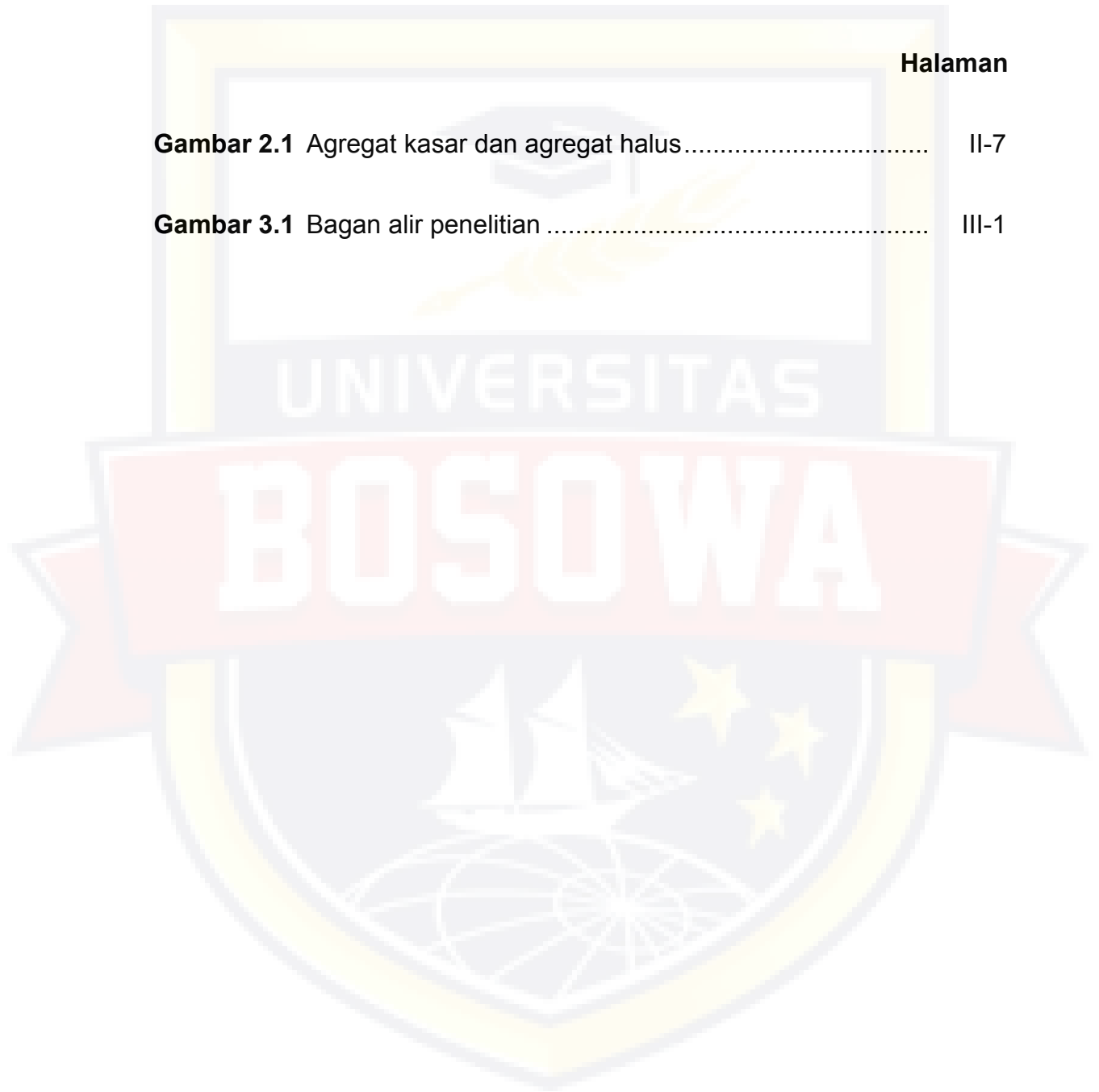
| | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 2.1 Ketentuan gradasi agregat ASTM c-136..... | II-15 |
| Tabel 2.2 Ketentuan kadar lumpur agregat ASTM c-117 | II-15 |
| Tabel 2.3 Ketentuan kadar air agregat ASTM c-556..... | II-15 |
| Tabel 2.4 Ketentuan absorsi agregat ASTM c-129 | II-16 |
| Tabel 2.5 Ketentuan berat jenis agregat ASTM c-128 | II-16 |
| Tabel 2.6 Ketentuan berat isi agregat ASTM c-29..... | II-17 |
| Tabel 2.7 Faktor perkalian deviasi standar | II-18 |
| Tabel 2.8 Daftar deviasi standar | II-19 |
| Tabel 2.9 Nilai margin jika data tidak tersedia deviasi standar | II-20 |
| Tabel 2.10 Perkiran kuat tekan beton pada FAS 0,50 | II-21 |
| Tabel 2.11 Tipe Agregat Dan Perkiraan Kadar Air Bebas..... | II-12 |
| Tabel 2.12 Penetapan nilai slump adukan beton | II-28 |
| Tabel 3.1 Notasi sampel Beton Air Soda | III-3 |
| Tabel 3.2 Pemeriksaan Agregat Halus | III-4 |

| | | |
|------------------|--|-------|
| Tabel 3.3 | Pemeriksaan Agregat Kasar | III-4 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir) .. | IV-1 |
| Tabel 4.2 | Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat (BP1-2)..... | IV-2 |
| Tabel 4.3 | Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat (BP2-3)..... | IV-3 |
| Tabel 4.4 | Data hasil perhitungan mix design | IV-6 |
| Tabel 4.4 | Data perhitungan mix design | IV-6 |
| Tabel 4.5 | Komposisi beton Air soda untuk 1 silinder | IV-7 |
| Tabel 4.6 | Hasil Pengujian Slump..... | IV-8 |

BUSOWA

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Agregat kasar dan agregat halus..... | II-7 |
| Gambar 3.1 Bagan alir penelitian | III-1 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini perkembangan konstruksi di Indonesia semakin meningkat. Menurut artikel Kementerian Perindustrian Republik Indonesia akibat terjadinya peningkatan pembangunan konstruksi beton maka permintaan terhadap kebutuhan semen juga mengalami peningkatan bahkan konsumsi semen mencapai 48 juta ton pada tahun 2011 atau naik 17,7% dari tahun 2010. Kebutuhan permintaan semen yang tinggi tidak diimbangi dengan adanya produksi semen yang berimbang sehingga Indonesia masih menggunakan semen impor untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di Indonesia. Menjawab kebutuhan ini maka perlu dipikirkan suatu alternatif bahan pengganti semen dalam sebuah konstruksi beton untuk dapat mengurangi pemakaian semen.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Harganya yang relative murah dan kemudahan dalam pelaksanaannya membuat beton semakin tak tergantikan dalam dunia konstruksi. Namun selain keuntungan yang dimilikinya beton juga memiliki beberapa kekurangan seperti tegangan tarik yang rendah, daktibilitas rendah dan keseragaman mutu yang bervariasi. Karena kekurangan yang dimilikinya maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara

pembuatannya, cara evaluasi dan variasi bahan tambahannya agar dapat meningkatkan fungsi betonitu sendiri menjadi lebih maksimal.

Dalam pembuatannya, keseragaman kualitas beton sangat dipengaruhi oleh keseragaman bahan dasarnya dan metode pelaksanaan. Pada prakteknya dilapangan, umumnya beton yang disuplai oleh perusahaan pembuatan beton (ready mix) telah terjamin keseragaman bahan dasarnya. Untuk mendapatkan kualitas dan keseragaman beton sesuai seperti yang disyaratkan maka pelaksanaan pembuatan beton harus dilakukan dengan baik dan sesuai dengan prosedur. Yang dimaksud dengan kualitas beton seperti disyaratkan disini adalah kuat tekan beton pada umur ke-28 hari. Oleh karena sebab-sebab diatas maka diperlukan adanya control kualitas yang dapat mengetahui kemungkinan terjadinya ouput yang tidak sesuai dengan yang disyaratkansedini mungkin.

Dewasa ini banyak penelitian tentang Beton guna menambah kekuatan beton baik menggunakan bahan tambah maupun bahan pengganti. Namun dari sekian banyak penelitian pada beton guna meningkatkan kuat tekan beton tetapi tetap saja beton memiliki kelemahan, terutama pada reaksi kimia yang dapat menyebabkan korasi pada tullangan beton. Salah satu penyebab korasi pada beton ialah akibat adanya reaksi karbonisasi dari gas CO_2 yang membentuk asam dan tercampur ke dalam beton yang menyebabkan pH sebagai pelindung permukaan beton turun. Sementara dampak yang ditimbulkan akibat

karbonisasi pada beton sendiri menurut teori tidak selalu merugikan terhadap kuat tekan beton. Maka demikian peneliti mencoba mengamati dampak dari gas CO₂ yang terdapat pada air soda yang digunakan untuk menggantikan air campuran beton terhadap kuat tekan beton itu sendiri.

Air laut adalah air dari laut atau samudra. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam (terutama, namun tidak seluruhnya, garam dapur/NaCl).

Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, kalsium, dll. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam. Air tawar lebih ringan dari air asin.

Air Soda pertama kali ditemukan oleh ilmuwan berkebangsaan Inggris bernama Joseph Priestley pada tahun 1770-an, yaitu ketika ia berusaha mencampurkan Air destilasi dengan Gas karbondioksida (CO_2). Soda dikenal luas ketika ilmuwan Inggris lainnya, yaitu John Mervin Noth, menyempurnakan penemuan Joseph Priestley dan menjualnya sebagai obat. Pada tahun 1830, sebuah pabrik minuman berkarbonisasi pertama kali berdiri di Amerika Serikat. Air soda dibuat dengan melarutkan gas karbon dioksida (CO_2) ke dalam Air. Sama seperti oksigen (O_2), karbon dioksida merupakan gas yang banyak terdapat di alam. Karbondioksida juga merupakan gas yang kita keluarkan saat bernafas dan diambil oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis.

Senyawa Air soda memiliki rumus kimia H_2CO_3 . Air soda dibuat dengan melarutkan zat asam arang (CO_2) ke dalam air. Karbonisasi beton menurut (Antoni, Paul. 2007. Teknologi Beton) serangan karbonisasi terjadi dari hasil hidrasi dan komponen semen akan membentuk gel kalsium silikat dan kalsium hidroksida yang biasanya menentukan sifat kebasahan beton. Kalsium hidroksida merupakan unsur yang tidak terlalu stabil dalam beton dan biasanya akan bereaksi dengan komponen lain untuk membentuk struktur yang lebih stabil. Ketika beton berada dalam lingkungan yang mengandung gas karbondioksida, gas ini akan masuk ke dalam beton melalui pori – pori dan akan bereaksi dengan kalsium hidroksida sehingga membentuk kalsium karbonat dan melepaskan air, peristiwa ini disebut karbonisasi

Dari uraian tersebut diatas menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya kedalam bentuk tugas akhir yang berjudul;

“PENGARUH AIR SODA TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG DIRENDAM DALAM AIR LAUT DENGAN TINGKAT SALINITAS YANG BERBEDA-BEDA “

1.2. Maksud dan Tujuan

- Maksud dari penulisan ini yaitu memebrikan gambaran tentang pengaruh Air soda terhadap kuat tekan Beton yang direndam dalam Air Laut dengan tingkat pH yang berbeda-beda
- Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan Air soda terhadap kuat tekan yang direndam dalam air laut dengan tingkat pH yang berbeda-beda.

1.3 Rangkap Dan Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal- hal sebagai berikut :

1. Tidak melakukan pengujian sifat fisik dan kimia untuk bahan zat tambah.
2. Tidak melakukan pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton

1.4 Gambaran Umum Penelitian

- Tempat pengambilan sampel

- a. Agregat Kasar (Batu pecah 2-3 dan 1-2) di Jl. Poros Malino, Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan, Kabupaten Gowa.
 - b. Agregat Halus (Pasir) di Jl. Poros Malino, Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan, Kabupaten Gowa, PT. Mega Struktur.
 - c. Air laut di Jl. Tanjung bunga Makassar.
- Tempat peneltian dilakukan yaitu di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Bosowa Makassar.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori – teori yang menyangkut penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sample , persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup untuk memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

UNIVERSITAS
BOSOWA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah bahan bangunan yang terbentuk dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Agregat yang biasanya berbentuk kerikil dan pasir adalah merupakan bahan pengisi, sedangkan semen dan air lebih berperan sebagai bahan perekat dari pada bahan pengisi. Mutu beton sangat bergantung dari komposisi material dan cara pencampurannya.

Beton merupakan bahan yang mempunyai kuat tekan yang cukup besar, kekuatan beton dipengaruhi oleh factor air semen, tingkat pemadatan, jenis semen, jenis agregat dan perawatan. Namun beton memiliki kuat tarik yang rendah, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, yang kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Kuat tekan beton sangat diperhitungkan hamper pada semua perencanaan konstruksi beton.

2.1.1 Sifat-Sifat Beton

Beberapa sifat umum yang penting diketahui pada beton adalah sebagai berikut :

- A. Kemampuan dikerjakan (workability)

Sifat workability merupakan ukuran dari tingkat kemudahan mengaduk bahan-bahan beton secara bersama, sampai menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah untuk diangkut, dituang, dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaan tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran dan menurunkan mutu beton. Kemampuan dikerjakan dapat diukur dari kekental dengan menggunakan alat slump (slump test) yang berbentuk kerucut terpancung. Pengambilan nilai slump tergantung dari jenis pengerjaan beton.

B. Sifat Ketahanan Beton (Durability)

Untuk mendapatkan sifat ketahanan dari beton maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Pengaruh cuaca dan pemekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering atau panas dan dingin yang silih berganti.
- Ketahanan terhadap zat kimia, pengaruh ini bersifat kimiawi yang diakibatkan oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia limbah industri, buangan air kotor kota dan sebagainya yang dapat merusak keawetan beton.
- Ketahanan terhadap erosi, pengaruh erosi yang dapat mengakibatkan terjadinya lubang-lubang, gugus karena adanya gesekan benda yang terbawa air.

C. Sifat Kedap Air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara pada saat pengecoran. Rongga udara ini akan membentuk saluran-saluran kapiler mengakibatkan air dapat merusak dari luar kedalam atau tembus kebeton. Jika saluran-saluran kapiler itu tidak tertutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Jadi untuk membuat beton yang kedap air, beton harus dibuat sepadat mungkin dan perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin untuk keperluan hidrasi semen.

Hal-hal yang mempengaruhi sifat kedap airnya beton adalah sebagai berikut :

- Perbandingan air dan semen dalam campuran beton (mutu dan porositas).
- Kepadatan (hasil pemadatan/penggetaran dengan vibrator).
- Selalu cukup air pada saat curing (4 minggu), umur beton bertambah, kedap air turun.
- Gradasi agregat (memenuhi spesifikasi).

D. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima atau menahan beban sampai pada batas kehancurannya. Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan cara pembuatan benda uji kubus maupun silinder yang kemudian ditekan dengan menggunakan mesin Press Srenght.

Sifat kuat hancur beton dipengaruhi oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya. Selain itu pula kuat hancur beton dipengaruhi oleh sejumlah factor penting, yaitu :

- Jenis semen dan kualitasnya.
- Jenis dan kondisi agregat.
- Tingkat perawatan.
- Pengaruh suhu.
- Umur beton itu sendiri.

E. Kekenyalan

Beton sebenarnya bukan merupakan benda kenyal, dimana grafik deformasi (Stress Strength) beton yang telah mengeras dengan sempurna akan menunjukkan garis miring agak tegak lurus sampai mencapai tegangan kerja maksimum. Penentuan modulus kekenyalan beton biasanya dilakukan pada pembebanan maksimum 50%. Biasanya beton yang memiliki kuat tekan tinggi, memiliki angka modulus kenyal yang tinggi.

F. Rangkak

Merupakan perubahan bentuk akibat pembebanan yang terus bertambah atau kalau beban diadadakan akan berubah sebagian. Apabila beton dibebani tekanan secara tetap akan mengalami pempendekan, yaitu :

- Perpendekan yang dapat kembali semula. Perpendekan ini erat hubungannya dengan kekenyalan.

- Perpendekan yang terus bertambah atau kalau beban dibebaskan, akan berubah sebagian, perpendekan ini disebabkan oleh penurunan pori-pori dalam. Aliran dari pasta semen, pergerakan Kristal dalam agregat dan terjadinya tekanan air dari gelombang semen karena adanya tekanan. Sifat rangkak ini perlu dipertimbangkan bagi konstruksi yang terus menerus mendapat beban.

G. Penyusutan

Penyusutan yang terjadi pada beton jika mengalami kekeringan pada waktu proses pengerasan. Penyusutan pada beton terjadi :

- Penyusutan awal beton ketika masih dalam keadaan cair / plastis akibat reduksi dari volume air dengan semen mencapai 1 % dari volume absolute semen kering.
- Penyusutan kering berlanjut dari beton ketika mengeras dan menjadi kering.

H. Sifat Panas Beton

Sifat panas beton diakibatkan karena hydrasi semen oleh air, terutama pada beton yang tebal, panas terkonsentrasi dalam beton. Untuk menghindari panas yang berlebihan, maka diusahakan :

- Penggunaan semen minimum dengan memenuhi persyaratan (kekuatan tetap terpenuhi).
- Penggunaan semen type V akan mengurangi panas hydrasi.

I. Berat Beton

Berat beton terutama dipengaruhi oleh jenis agregat yang digunakan. Untuk beton bendungan yang memakai manfaat berat maka berat beton ini sangat penting. Untuk itu dipakai agregat yang menghasilkan isi beton yang besar.

2.1.2 Bahan-Bahan Penyusun Beton

Bahan campuran beton sangat menentukan baik tidaknya mutu beton yang akan dihasilkan, sehingga para peneliti harus mengadakan eksperimen untuk mendapatkan data-data yang akurat yang bias dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan untuk menentukan karakteristik serta perbandingan bahan campuran yang akan digunakan. Seperti yang diketahui bahwa bahan-bahan campuran beton antara lain :

A. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No:1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Gambar 2.1. Agregat kasar dan agregat halus



Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

a. Sifat-sifat agregat

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat adalah :

- Gradasi
- Kebersihan
- Kekerasan
- Ketahanan agregat
- Bentuk butir
- Tekstur permukaan

- Porositas
- Kemampuan untuk menyerap air

- Berat jenis, dan
- Daya kelekatan

Sifat agregat tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis batumannya. Karakteristik bagian luar agregat, terutama bentuk partikel dan tekstur permukaan memegang peranan penting terhadap sifat beton segar dan yang sudah mengeras. Menurut BS 812 : Part 1:1975, bentuk partikel agregat dapat dibedakan atas :

- Rounded
- Irregular
- Flaky
- Angular
- Elongated
- Flaky & Elongated

b. Klasifikasi Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan yaitu: Agregat Halus, Agregat Kasar, Agregat Ringan dan Bahan Pengisi (Filler).

1. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alami atau disintegrasi alami dengan diameter minimum 0,075 mm dan maksimum 5 mm, yang mempunyai susunan butiran yang bervariasi. Agregat halus mempunyai kadar bagian

yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5%(Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Pasir dibedakan menjadi 3 yaitu :

- Pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah
- Pasir sungai yang diambil dari sungai
- Pasir laut yang diperoleh dari pantai (digunakan dengan petunjuk petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang di akui).

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci.
- Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%.
- Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - a. Tertahan ayakan 4 mm, harus minimum 2%
 - b. Tertahan ayakan 1 mm, harus berkisar 10% berat
 - c. Tertahan ayakan 0,25, harus berkisar antara 80% sampai 90%.

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry dengan ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (SK SNI T-15-1991 03).

Agregat kasar yang akan dicampurkan dalam adukan beton harus mempunyai syarat mutu yang ditetapkan. Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut DPU tahun 1982 adalah sebagai berikut :

- Syarat fisik
 - a. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari $1/5$ jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, $1/3$ tebal pelat atau $3/4$ dari jarak bersih minimum tulangan.
 - b. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudelhof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
 - c. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tidak boleh lebih dari 27% berat.
 - d. Kadar lumpur maksimal 1%
 - e. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.
- Syarat kimia
 - a. Kekekalan terhadap Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimal 12% berat.

- b. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

B. Air

Air merupakan komponen yang penting dalam pembuatan beton karena dengan adanya air dapat terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang mengakibatkan terjadinya pengikatan dan proses pengerasan.

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi oleh reaksi antara semen dan air, sehingga air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam atau zat organik lainnya yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu.

C. Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana , definisi semen adalah bahan perekat yang bias merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu koral dan batu

bata hingga membentuk sebuah bangunan. Sedangkan pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. (Bonardo Pangaribuan, Holcim).

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Semen Non-hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis di alam. Kapur telah digunakan selama berabad-abad lamanya sebagai bahan adukan dan plesteran untuk bangunan. Hal tersebut terlihat pada piramida-piramida di Mesir yang dibangun 4500 tahun sebelum masehi. Kapur digunakan sebagai bahan pengikat selama zaman Romawi dan Yunani.

Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk tohor (belum berhubungan dengan air) dan akan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika telah berhubungan dengan air.

2. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik,

semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen Portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif.

Pada semen hidrolik mengandung kapur hidrolik, sebagian besar 65%-75% bahan kapur hidrolik terbuat dari batu gamping, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikutnya berupa silika, aluminium, magnesium dan oksida besi.

D. Bahan Tambah.

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air.

1. Air soda.

Minuman berkarbonisasi (Air Soda) pertama kali ditemukan oleh ilmuwan berkebangsaan Inggris bernama Joseph Priestley pada tahun 1770-an, yaitu ketika ia berusaha mencampurkan Air destilasi dengan Gas karbondioksida (CO₂). Soda dikenal luas ketika ilmuwan Inggris lainnya,

yaitu John Mervin Noth menyempurnakan penemuan Joseph Priestley dan menjualnya sebagai obat. Pada tahun 1830, sebuah pabrik minuman berkarbonisasi pertama kali berdiri di Amerika Serikat. Air soda dibuat dengan melarutkan gas karbon dioksida (CO_2) ke dalam air. Sama seperti oksigen (O_2), karbon dioksida merupakan gas yang banyak terdapat di alam. Karbon dioksida juga merupakan gas yang kita keluarkan saat bernafas dan diambil oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis.

Senyawa air soda memiliki rumus kimia H_2CO_3 . Air soda dibuat dengan melarutkan zat asam arang (CO_2) ke dalam air. Karbonisasi beton menurut (Antoni, Paul, 2007. Teknologi Beton) serangan karbonisasi terjadi dari hasil hidrasi dan komponen semen akan membentuk gel kalsium silikat dan kalsium hidroksida yang biasanya menentukan sifat kebasahan beton. Kalsium hidroksida merupakan unsur yang tidak terlalu stabil dalam beton dan biasanya akan bereaksi dengan komponen lain untuk membentuk struktur yang lebih stabil. Ketika beton berada dalam lingkungan yang mengandung gas karbon dioksida, gas ini akan masuk ke dalam beton melalui pori – pori dan akan bereaksi dengan kalsium hidroksida sehingga membentuk kalsium karbonat dan melepaskan air, peristiwa ini disebut karbonisasi

2. Pengaruh Kimia Air Laut terhadap Beton

Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat (MgSO_4), yang diperburuk dengan adanya

kandungan Clorida didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton.

Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan; selain itu beton akan mengembang; sebelumnya didahului oleh terjadinya spalling (jawa = protol) dan retak. Akhirnya pada bagian beton yang terserang oleh sulfat akan menjadi lunak membentuk lapisan seperti lumpur. Saat pertama kali mengalami serangan sulfat, kekuatan tekan beton akan naik, lalu secara berangsur-angsur mengalami kehilangan kekuatan, dan akhirnya beton mengembang. Serangan ini dipandang sebagai akibat dari kehadiran Potassium (KS) dan Magnesium Sulfat (MgS) pada air laut yang dapat menyebabkan timbulnya serangan sulfat pada beton. Serangan dimulai semenjak beton siap bereaksi dengan Calsim Hidroksida ($\text{Ca OH} ()^2$) yang muncul pada semen. Pprosesnya terjadi seperti reaksi kimia yang terdapat pada Rumus2 (Bryan. 1964, dalam Emmanuel dkk, 2012)

2.1.3 Jenis Pengujian Agregat Penyusun Beton

Pengujian karakteristik, dimaksudkan untuk memastikan apakah bahan yang digunakan sesuai dengan standar yang ada atau tidak. Pengujian ini meliputi :

a. Pemeriksaan analisa saringan (ASTM C - 33)

Tabel 2.1. Ketentuan gradasi Agregat (ASTM C – 136)

| Ukuran Ayakan | | Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat | | | | | | |
|---------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Inci (in) | Standar (mm) | Halus | Kasar | | | Gabungan | | |
| | | | Ukuran nominal maksimum 1½ in (40 mm) | Ukuran nominal maksimum ¾ in (20 mm) | Ukuran nominal maksimum 3/8 in (10 mm) | Ukuran nominal maksimum 1½ in (40 mm) | Ukuran nominal maksimum ¾ in (20 mm) | Ukuran nominal maksimum 3/8 in (10 mm) |
| 2 | 50,0 | | 100 | - | - | 100 | - | - |
| 1½ | 37,5 | | 85 – 100 | 100 | - | 95 – 100 | 100 | - |
| ¾ | 20,0 | | 0 – 25 | 85 – 100 | - | 45 – 80 | 95 – 100 | - |
| ½ | 14,0 | | - | 0 – 70 | 100 | - | - | 100 |
| 3/8 | 10,0 | 100 | 0 – 5 | 0 – 25 | 85 – 100 | - | - | 95 – 100 |
| 3/16 | 5,0 | 89 – 100 | | 0 – 5 | 0 – 25 | 25 – 50 | 35 – 55 | 30 – 65 |
| No.8 | 2,36 | 60 – 100 | | | 0 – 5 | - | - | 20 – 50 |
| No.16 | 1,18 | 30 – 100 | | | | - | - | 15 – 40 |
| No.30 | 600µm | 15 – 100 | | | | 8 – 30 | 10 – 35 | 10 – 30 |
| No.50 | 300 µm | 5 – 70 | | | | - | - | 5 – 15 |
| No.100 | 150 µm | 0 – 15 | | | | 0 – 8* | 0 – 8* | 0 – 8* |

Sumber : ASTM C 136

b. Kadar lumpur sesuai dengan (ASTM C - 117)

Tabel 2.2. Ketentuan kadar lumpur (ASTM C – 117)

| Jenis Agregat | Interval (%) | Keterangan |
|---------------|--------------|------------------|
| Agregat kasar | 0,2% - 1% | Syarat terpenuhi |
| Agregat halus | 0,2% - 5% | Syarat terpenuhi |

Sumber : ASTM C 117

c. Kadar air sesuai dengan (ASTM C - 556)

Tabel 2.3. Ketentuan kadar air (ASTM C – 556)

| Jenis Agregat | Interval (%) | Keterangan |
|---------------|--------------|------------------|
| Agregat kasar | 0,5% - 2% | Syarat terpenuhi |
| Agregat halus | 3% - 5% | Syarat terpenuhi |

Sumber : ASTM C 556

- d. Absorpsi sesuai dengan (ASTM C - 129)

Tabel 2.4. Ketentuan Absorpsi (ASTM C – 129)

| Jenis Agregat | Interval (%) | Keterangan |
|---------------|--------------|------------------|
| Agregat kasar | 0,2% - 4% | Syarat terpenuhi |
| Agregat halus | 0,2% - 2% | Syarat terpenuhi |

Sumber : ASTM C 129

- e. Berat Jenis sesuai dengan (ASTM C - 128)

Tabel 2.5. Ketentuan berat jenis (ASTM C – 128)

| Jenis Agregat | Interval (%) | Keterangan |
|-------------------------|--------------|------------------|
| Agregat kasar | | |
| a. Bj. Nyata | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |
| b. Bj. Dasar kering | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |
| c. Bj. Kering permukaan | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |
| Agregat halus | | |
| a. Bj. Nyata | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |
| b. Bj. Dasar kering | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |
| c. Bj. Kering permukaan | 1,6% - 3,2% | Syarat terpenuhi |

Sumber : ASTM C 128

f. Berat isi sesuai dengan (ASTM C – 29)

Tabel 2.6. Ketentuan berat isi (ASTM C – 29)

| Jenis Agregat | Interval (%) | Keterangan |
|------------------|----------------------|------------------|
| Agregat kasar | | |
| a. Kondisi Lepas | 1,4% - 1,9% Kg/liter | Syarat terpenuhi |
| b. Kondisi Padat | 1,4% - 1,9% Kg/liter | Syarat terpenuhi |
| Agregat halus | | |
| c. Kondisi Lepas | 1,6% - 1,9% Kg/liter | Syarat terpenuhi |
| d. Kondisi Padat | 1,6% - 1,9% Kg/liter | Syarat terpenuhi |

Sumber : ASTM C 29

2.2. Mix Design Beton Normal

Perencanaan campuran beton (mix design) menggunakan metode DOE (Department of Environment) berasal dari Inggris (The British Mix Design Method), tercantum dalam Design of Normal Concrete Mixes telah menggantikan Road Note No.4 sejak tahun 1975. Di Indonesia DOE digunakan sebagai standar perencanaan Dinas Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku standar SNI 03-2384-2000. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat diantaranya penggunaan rumus dan grafik, waktu pencampuran beton pada kondisi SSD tanpa harus kering oven. Langkah metode ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

A. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c')

Penentuan kuat tekan ini disyaratkan dengan perencanaan struktural dan kondisi setempat.

B. Penetapan nilai deviasi standar (s)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaannya maka semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji sehingga dilakukan koreksi terhadap nilai standar deviasi dengan suatu faktor perkalian pada tabel 2.4 berikut ini.

Table 2.7 Faktor perkalian deviasi standar

| Jumlah Data | 30 | 25 | 20 | 15 | < 15 |
|----------------|-----|------|------|------|-------------|
| Faktor Pengali | 1.0 | 1.03 | 1.08 | 1.16 | Tidak boleh |

Sumber : Buku petunjuk praktikum teknologi bahan universitas jember dalam M. Ainur Rofiqi, 2015

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton pada sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), maka nilai margin dapat langsung diambil 7 MPa. Penilaian tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Daftar Deviasi Standar

| Indonesia | | | | Inggris | |
|------------------|--|--------------|--------------|-------------------|-----------|
| Isi pekerjaan | Deviasi Standar Sr (kg/cm ²) | | | Tingkat pekerjaan | Sr Mpa |
| | Satuan jumlah beton (m ³) | Baik sekali | Baik | Dapat diterima | Memuaskan |
| 45 < Sr < 55 | | 55 < Sr < 65 | 65 < Sr < 85 | Baik sekali | 3.50 |
| Kecil < 1000 | | 45 < Sr < 55 | 65 < Sr < 75 | Baik | 4.20 |
| Sedang 1000-3000 | | 35 < Sr < 45 | 45 < Sr < 55 | Cukup | 5.60 |
| Besar > 3000 | 25 < Sr < 35 | 35 < Sr < 45 | 45 < Sr < 65 | Jelek | 7.00 |
| | | | | Tanpa kendali | 8.40 |

Sumber : Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45
Makassar

C. Perhitungan nilai tambah (margin)

Jika nilai tambah sudah ditetapkan 12, maka langsung ditetapkan kuat tekan rata-rata rencana (langkah D). Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan nilai deviasi standar dengan rumus :

$$M = k \times S$$

Dengan : $M = \text{Nilai Tambah}$

$$k = 1.34$$

$$Sd = \text{Standar Deviasi (MPa)}$$

D. Menetapkan kuat tekan rata-rata rencana.

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan dapat digunakan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata.

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan.

M = nilai tambah.

Tabel 2.8. Nilai Margin jika Data tidak tersedia untuk menetapkan Deviasi Standar.

| Persyaratan Kuat Tekan, f'_c , MPa | Margin (m), MPa |
|--------------------------------------|-----------------|
| Kurang dari 21 MPa | 7,0 |
| 21 s/d 35 MPa | 8,5 |
| Lebih dari 35 MPa | 10,0 |

Sumber : Ketentuan umum rancang campur menurut SNI 03-2847-2013

E. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.

Jenis atau type semen yang dipakai harus dinyatakan dalam design campuran beton. Umumnya semen type I dan III yang banyak dipakai yaitu semen cepat mengeras (pengikatan awal rendah). Type semen ada lima yaitu : semen type I, II, III, IV, dan V.

Hubungan type semen, kuat tekan, umur beton dan jenis agregat dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.9 Perkiraan Kuat Tekan Beton Pada FAS 0.50

| Type semen | Jenis agregat kasar | Kuat tekan pada umur (hari) kg/cm^2 | | | |
|-------------------------|---------------------|--|-----|-----|-----|
| | | 3 | 7 | 28 | 91 |
| Semen Portland type I | Alami | 200 | 280 | 400 | 480 |
| | Batupecah | 300 | 320 | 450 | 540 |
| Semen Portland type III | Alami | 250 | 340 | 460 | 530 |
| | Batupecah | 300 | 400 | 530 | 600 |

Sumber : Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar

F. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar.

Penetapan jenis agregat yang akan digunakan apakah menggunakan pasir alam dan kerikil alam, atau pasir alam dan batu pecah, karena hal ini mempengaruhi kekuatan dan kadar air bebas sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.10 Type Agregat Dan Perkiraan Kadar Air Bebas

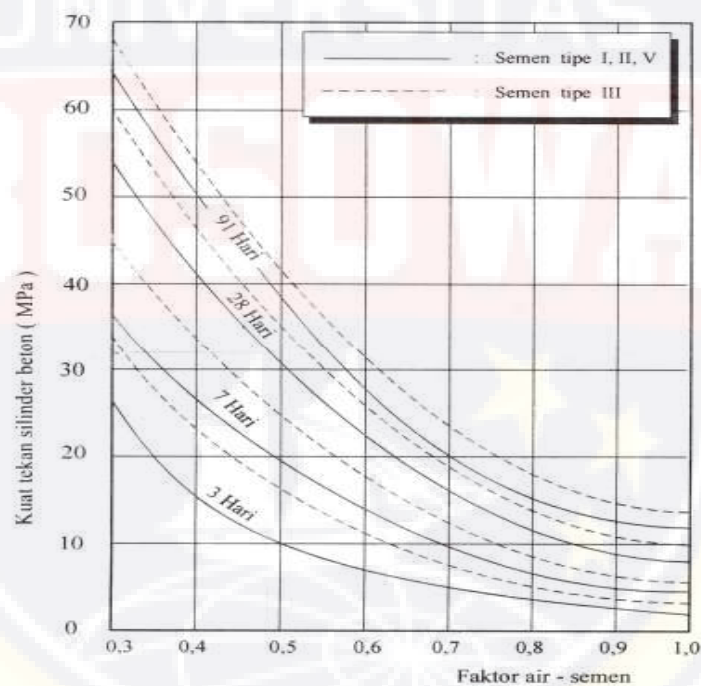
| Slump (mm) | | 0 – 10 | 10 - 30 | 30 - 60 | 60 – 180 |
|--------------------------|--------------|---|---------|---------|----------|
| V.B (det) | | 12 | 6 - 12 | 3 - 6 | 0 – 3 |
| Ukuranmaks. Agregat (mm) | Jenisagregat | Kadar air bebasdalam (kg / m ³) | | | |
| 10 | Alami | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batupecah | 100 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 135 | 160 | 180 | 190 |
| | Batupecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batupecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Sumber : *Buku Panduan Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas 45 Makassar*

G. Menetapkan faktor air semen.

- Menetapkan FAS berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder/kubus dengan umur rencana.
- Menetapkan berdasarkan jenis semen dan agregat yang digunakan dan kuat tekan rata-rata pada umur yang direncanakan.

Grafik 2.1. Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas dalam rancangan campuran)



Sumber : Ketentuan umum rancang campur menurut SNI 03-2847-2002

H. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Jika nilai FAS maksimum lebih rendah dari nilai FAS sebelumnya (langkah G) maka nilai yang diambil adalah FAS maksimum.

I. Penetapan kadar air bebas

Penetapan besar kadar air bebas (air yang diluar air jenuh) ditetapkan berdasarkan nilai slump yang dipilih, ukuran maksimum agregat, dan type agregat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.6.

Apabila digunakan jenis agregat halus dan agregat kasar yang berbeda (alami dan batu pecah), maka perkiraan kebutuhan jumlah air per- m^3 beton harus disesuaikan menggunakan persamaan berikut:

$$A = (0,67 \times A.h) + (0,33 \times A.k)$$

Dimana : A = Perkiraan air per- m^3 beton

$A.h$ = Kebutuhan air berdasarkan jenis agregat halus

$A.k$ = Kebutuhan air berdasarkan jenis agregat kasar

J. Penetapan nilai slump

Untuk menetapkan nilai slump memerlukan pengalaman pelaksanaan beton, tetapi untuk ancang-ancang slump dapat dijadikan patokan seperti pada tabel penetapan nilai slump tergantung dari :

- Cara pengangkutan (belt conveyer, pompa, manual, gerobak, dan lain-lain).
- Cara pengecoran atau penuangan pada acuan.
- Cara pemadatan atau penggetaran (alat getar / triller, hand vibrator).
- Jenis atau tujuan struktur.

K. Penetapan kadar semen (kg / m^3) beton.

Penetapan kadar semen perlu per m^3 beton (kg / m^3) digunakan

rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}}$$

L. Penetapan perkiraan berat jenis spesifik gabungan.

Perkiraan berat jenis gabungan agregat kasar dan agregat halus dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$B_{js} \text{ gabungan} = a\% \times B_{js} \text{ Spesifik pasir} + b\% \times B_{js} \text{ Spesifik kerikil}$

Dimana = $a\%$ = persentase penggabungan agregat halus terbaik

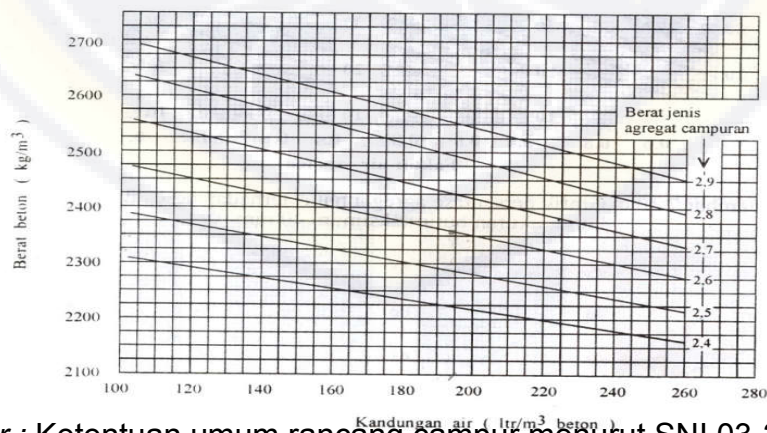
= $b\%$ = persentase penggabungan agregat kasar terbaik

M. Penentuan berat volume beton segar (basah).

Menentukan berat volume beton segar berdasarkan hasil perhitungan berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air per- m^3 beton dengan grafik.

Grafik 2.2. Hubungan Kandungan air, Berat jenis campuran dan

Berat beton.



Sumber : Ketentuan umum rancang campur menurut SNI 03-2847-2002

N. Penetapan proporsi agregat.

$$\text{Berat agregat halus } A = a\% \times (D - W_s - W_a)$$

$$\text{Berat agregat kasar } B = b\% \times (D - W_s - W_a)$$

Dimana : $a\%$ = Persentase penggabungan agregat halus

$B\%$ = Persentase penggabungan agregat kasar

D = Berat volume beton basah (kg/m^3)

W_s = Kadar semen (kg/m^3) beton

W_a = Kadar air bebas (kg/m^3) beton

O. Hasil rancangan campuran beton teoritis (bahan kondisi SSD).

Campuran beton teoritis adalah porsi campuran dimana agregat masih dalam kondisi SSD (masih sulit untuk pelaksanaan dilapangan) yaitu :

Air = W_a (kg/m^3) beton

Semen = W_s (kg/m^3) beton

Pasir = A (kg/m^3) beton

Kerikil = B (kg/m^3) beton

Berat komponen beton teoritis adalah berat kondisi SSD (agregat kondisi jenuh air / kering permukaan), jadi masih perlu diperbaiki (dikoreksi) terhadap kondisi agregat lapangan saat mau dilaksanakan pengecoran.

P. Koreksi campuran beton.

Untuk penyesuaian takaran berat agregat sesuai kondisinya pada saat akan dicampur, maka perlu dikoreksi agar pengambilan agregat

untuk dicampur dapat langsung diambil. Dimaksudkan koreksi tersebut adalah koreksi terhadap kadar air sesaat agregat (kondisi agregat tidak selamanya SSD seperti pada hasil campuran teoritis.

Koreksi campuran beton ada dua macam sebagai berikut :

- Koreksi secara eksak (rasional)

Uraian rumus :

BK = berat kering mutlak (oven)

BL = berat lapangan (sesuai kondisi agregat)

W% = kadar air agregat (sesuai kondisi agregat)

R% = resapan agregat (terhadap berat kering)

Uraian rumus koreksi cara eksak (berdasarkan definisi persen resapan air dan persen kadar air) :

$$BL = BK + W\% \times BL \rightarrow BL - (W\% \times BL) = BK$$

$$(1 - W\%) \times BL = BK$$

$$\rightarrow BL = \frac{BK}{1 - W\%} \dots\dots\dots a)$$

$$BK = SSD - R\% \times BK \rightarrow BK + R\% \times BK = BSSD$$

$$(1 + R\%) \times BK = BSSD$$

$$\rightarrow BK = \frac{BSSD}{(1 + R\%)} \dots\dots\dots b)$$

Dengan menggunakan persamaan (a) dan (b) diperoleh :

$$\rightarrow BL = \frac{BSSD}{(1 + R\%) \times (1 - W\%)}$$

.dengan memakai index p untuk pasir dan index k untuk kerikil
maka diperoleh rumusan koreksi secara eksak sebagai berikut :

Berat koreksi pasir (p)

$$BLp = \frac{BSSDp}{(1+Rp\%) \times (1-Wp\%)} (\text{kg/m}^3) \text{ beton}$$

Berat koreksi kerikil (k)

$$BLk = \frac{BSSDk}{(1+Rk\%) \times (1-Wk\%)} (\text{kg/m}^3) \text{ beton}$$

Sehingga berat komponen beton setelah dikoreksi (kg/m^3)
beton:

Semen = W_s

Pasir = BLp

Kerikil = BLk

Air = Kadar air bebas + $(A - BLp) + (B - BLk)$

Berat komponen diatas merupakan takaran berat, untuk pelaksanaan dilapangan dan dengan masing-masing berat volumenya akan diperoleh takaran volume.

- Koreksi cara pendekatan (estimate)

Koreksi ini berdasarkan nilai pendekatan (estimate), karena pengertian definisi resapan dan kadar air berorientasi berat lapangan.

Koreksi tersebut adalah :

Semen = W_s (kg/m^3) beton

Pasir = $BLp = A - (Rp\% - Wp\%) \times A/100$ (kg/m^3) beton

Kerikil = $BLk = B - (Rk\% - Wk\%) \times B/100$ (kg/m^3) beton

Air = kadar air bebas + (A – B_{Lp}) + (B_{Lk})(kg/m³) beton

Dalam hal ini A dan B merupakan berat SSD dari pasir dan kerikil.

2.3. Nilai Slump

Nilai slump digunakan untuk mengukur tingkat kelecikan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (workability). Semakin besar nilai slump, maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan.

Sebaliknya semakin kecil nilai slump, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan.

Tabel 2.11. Penetapan nilai slump adukan beton

| Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat) | Nilai Slump (cm) | |
|--|------------------|---------|
| | Maksimum | Minimum |
| Dinding, pelat fondasi, pondasi telapak bertulang | 12.5 | 5 |
| Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah | 9 | 2.5 |
| Pelat, balok, kolom, dinding | 15 | 7.5 |
| Perkerasan jalan | 7.5 | 5 |
| Pembetonan masal (beton massa) | 7.5 | 2.5 |

Sumber : Ketentuan umum rancang campur SNI 03-2847-2002

2.4. Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan tingkat atau derajat kekuatan suatu material terhadap gaya tekan dari luar yang membebaniya. Kuat tekan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A}$$

Dimana :

F'c = Kuat tekan (MPa)

Pmaks = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (mm²)

Laju kenaikan kuat tekan beton geopolimer kemungkinan akan bertambah seiring dengan umur beton geopolimer yang semakin bertambah. Hal ini terjadi karena Calcium Silikat Hidrat (CSH) yang dihasilkan melalui reaksi pozzolanik akan bertambah keras dan kuat seiring berjalannya waktu.

2.4.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan

A. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Berfungsi memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan terjadinya pengerasan, sebagai pelican campuran kerikil, pasir dan semen dalam mempermudah pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

B. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut.

C. Jenis dan kualitas semen

Ada berbagai jenis semen yang dapat digunakan dalam pembuatan beton, misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya 24 jam sama dengan semen portland biasa pada umur 28 hari.

D. Jenis dan lekuk bidang permukaan agregat

Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan batu koral dari sungai.

Tegangan dimana retak terbentuk sebagian besar tergantung pada sifat agregat kasar. Kerikil yang licin menimbulkan tegangan yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah yang kasar dan bersudut karena lekatan mekanis dipengaruhi oleh sifat-sifat permukaan dan bentuk agregat kasar.

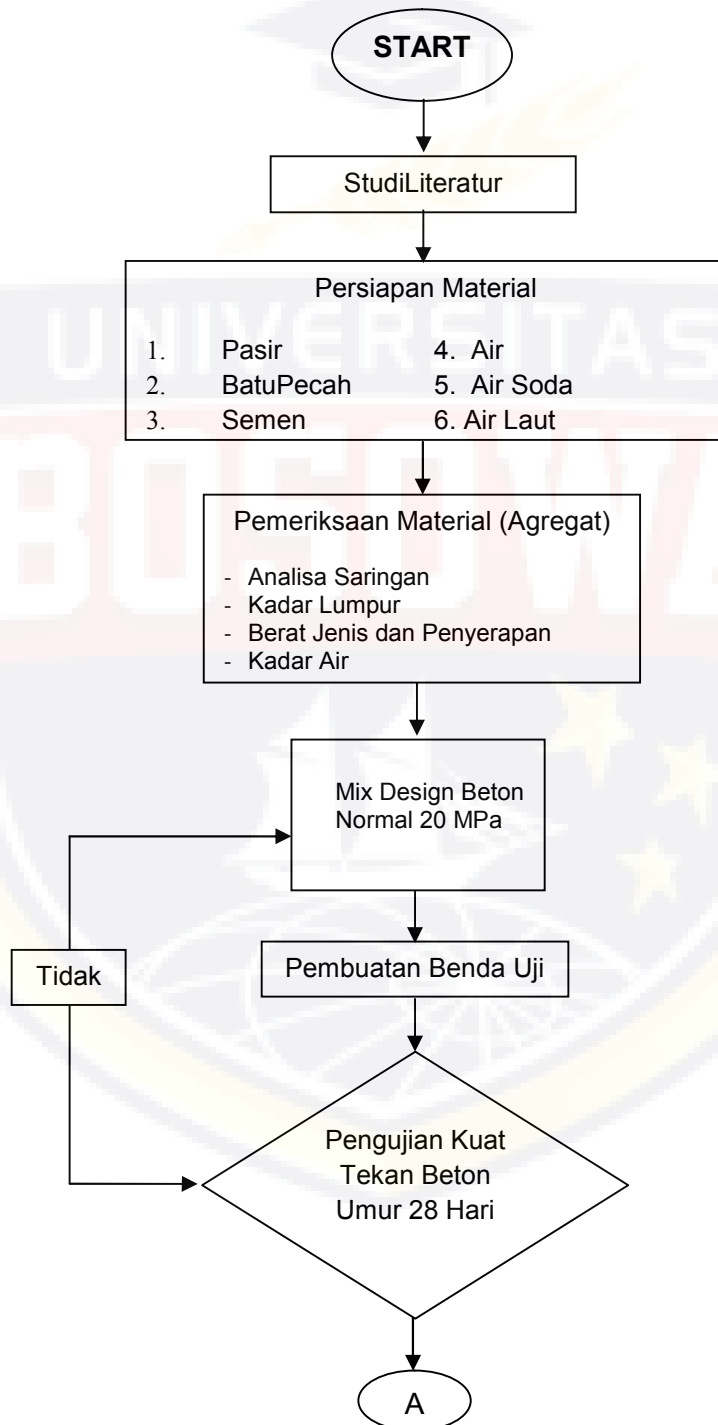
E. Perawatan (curing)

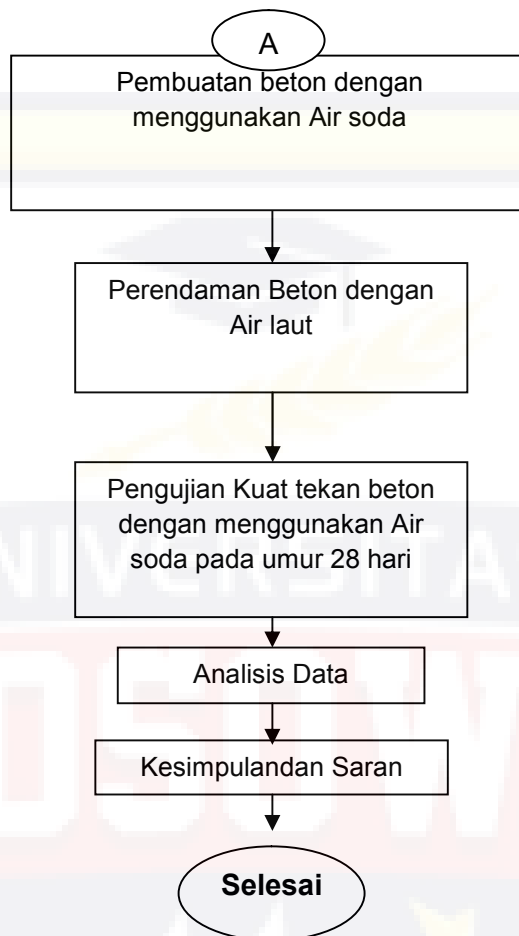
Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat beton yang akan dihasilkan, terutama dari segi kekuatannya ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan pada proses curing.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.1 Flow Chart (Bagan alir penelitian)

3.2 Penentuan Mix Design Beton Kontrolfc' 20 MPa

Mix design dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (kerikil, pasir, semen dan air) dalam campuran beton. Metode rancangan adukan beton yang dipakai adalah metode yang biasa dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum yaitu metode DOE (Departemen of Environment) yang merupakan pengembangan dari metode rancangan adukan beton cara Inggris (The British Mix Design Method).

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variable yang sifatnya mutlak atau tetap. Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi :

- Komposisi agregat kasar dan agregat halus.
- Komposisi campuran semen

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang sifatnya tidak terikat atau dapat diubah sesuai perencanaan. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi :

- Perbandingan antara campuran air tawar dengan air soda

3.4 Notasi Sampel

Tabel 3.2. Notasi Sampel Beton Air Soda

| No. | Nama Benda uji | Air Tawar : Air Soda (Volume) | Jumlah Benda uji | Umur (Hari) | Metode Curing |
|-----|----------------|---------------------------------|------------------|-------------|----------------------|
| 1. | BAS 1 | 94 % : 6 % | 3 | 28 | Peerendaman Air Laut |
| 2. | BAS 2 | 92 % : 8 % | 3 | 28 | Peerendaman Air Laut |
| 3. | BAS 3 | 90 % : 10 % | 3 | 28 | Peerendaman Air Laut |

Sumber : Rencana penelitian

3.5 Metode Pengujian

3.5.1 Pengujian Karakteristik Agregat

Sebelum pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ASTM yang meliputi:

Tabel 3.6 Pemeriksaan Agregat Halus

| No | Jenis Pemeriksaan | Standar Yang Digunakan |
|----|--|------------------------|
| 1 | Pemeriksaan Analisa Saringan | ASTM C33 |
| 2 | Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan | ASTM C127 |
| 3 | Pemeriksaan Kadar Air | ASTM C566 |
| 4 | Pemeriksaan kadar lumpur | ASTM C117 |

Tabel 3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar

| No | Jenis Pemeriksaan | Standar Yang Digunakan |
|----|--|------------------------|
| 1 | Pemeriksaan Analisa Saringan | ASTM C33 |
| 2 | Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan | ASTM C127 |
| 3 | Pemeriksaan Kadar Air | ASTM C566 |
| 4 | Pemeriksaan kadar lumpur | ASTM C117 |

3.5.2 Pengujian Kuat Tekan

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (TjokrodimulyoK, 1995). Pengujian kuat tekan beton dilakukan mengikuti standar SNI 1974 - 2011.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Material

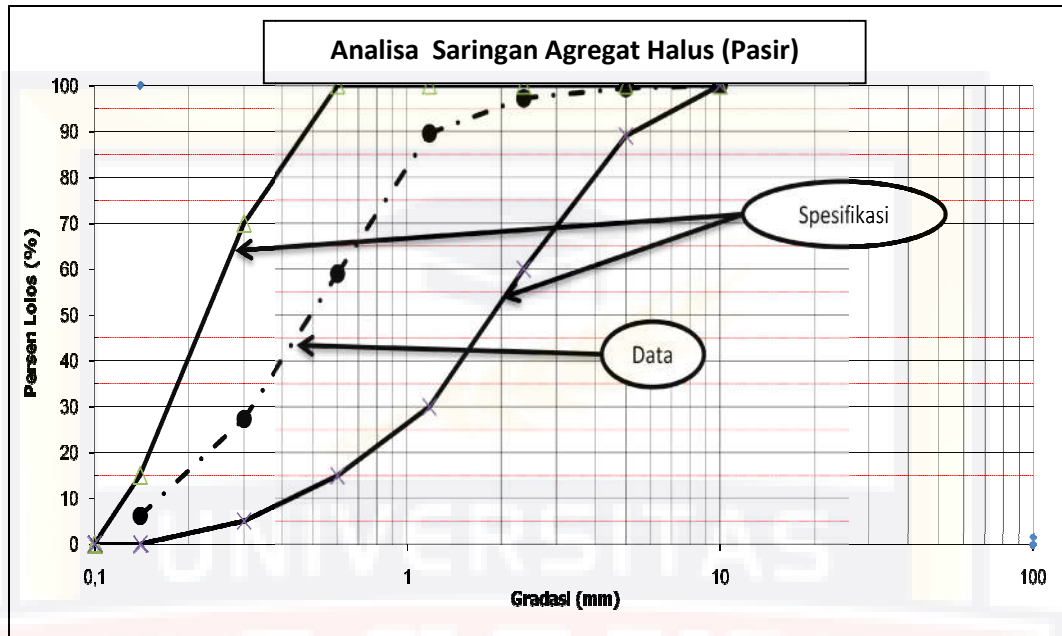
Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari bili-bili (Gowa). Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. untuk agregat halus dan Tabel 4.2 untuk agregat kasar yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

| No | Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil Penelitian | Keterangan |
|----|------------------|-------------|------------------|------------|
| 1 | Analisa Saringan | Lihat Tabel | Lihat Grafik 4.1 | Memenuhi |
| 2 | Berat Jenis Bulk | 1.6 – 3.3 | 2.79 | Memenuhi |
| | Berat Jenis SSD | 1.6 – 3.3 | 2.84 | Memenuhi |
| | Berat Jenis Semu | 1.6 – 3.3 | 2.93 | Memenuhi |
| 3 | Berat isi | | | |
| | a. Lepas | 1.4 – 1.9 | 1.413 | Memenuhi |
| | b. Padat | 1.4 – 1.9 | 1.450 | Memenuhi |
| 3 | Penyerapan | 0.2% – 2% | 1.75 | Memenuhi |
| 4 | Kadar Air | 3 – 5 | 4.32 | Memenuhi |
| 5 | Kadar Lumpur | 0.2 – 6 | 4.02 | Memenuhi |

Sumber : Hasil perhitunga

Grafik 4.1. Analisa saringan agregat halus (Pasir)



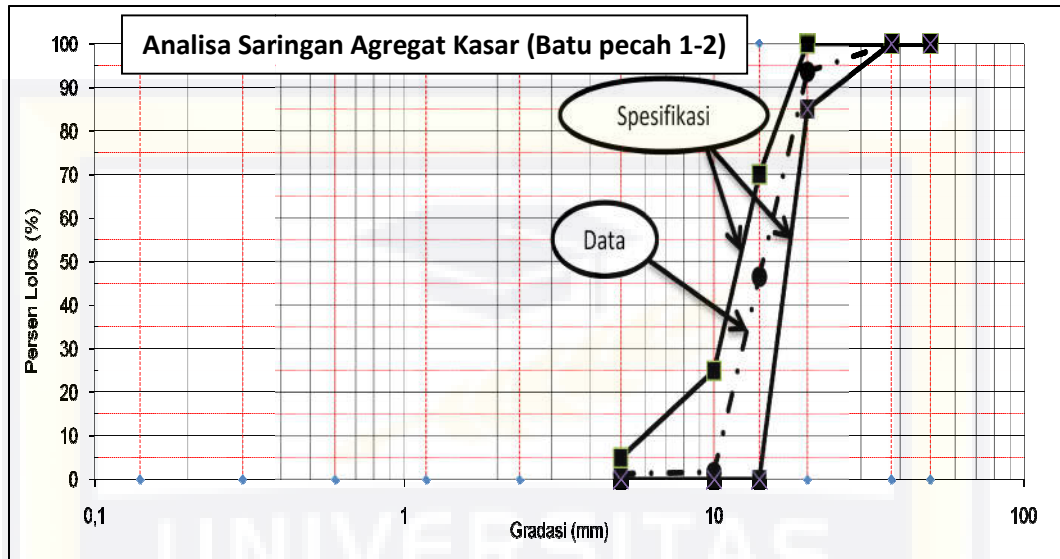
Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Tabel. 4.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 1-2)

| No | Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil Penelitian | Keterangan |
|----|------------------|-------------|------------------|------------|
| 1 | Analisa Saringan | Lihat Tabel | Lihat Grafik 4.2 | Memenuhi |
| 2 | Berat Jenis Bulk | 1.6 – 3.3 | 2.57 | Memenuhi |
| | Berat Jenis SSD | 1.6 – 3.3 | 2.62 | Memenuhi |
| | Berat Jenis Semu | 1.6 – 3.3 | 2.70 | Memenuhi |
| 3 | Penyerapan | 0.2% - 4% | 1.93 | Memenuhi |
| 4 | Kadar Air | 0.5% - 2% | 0.55 | Memenuhi |
| 5 | Berat Isi | | | |
| | a. Lepas | 1.6 – 1.9 | 1.603 | Memenuhi |
| | b. Paadat | 1.6 – 1.9 | 1.614 | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | 0.2% - 1% | 0.82 | Memenuhi |

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.2. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 1-2)



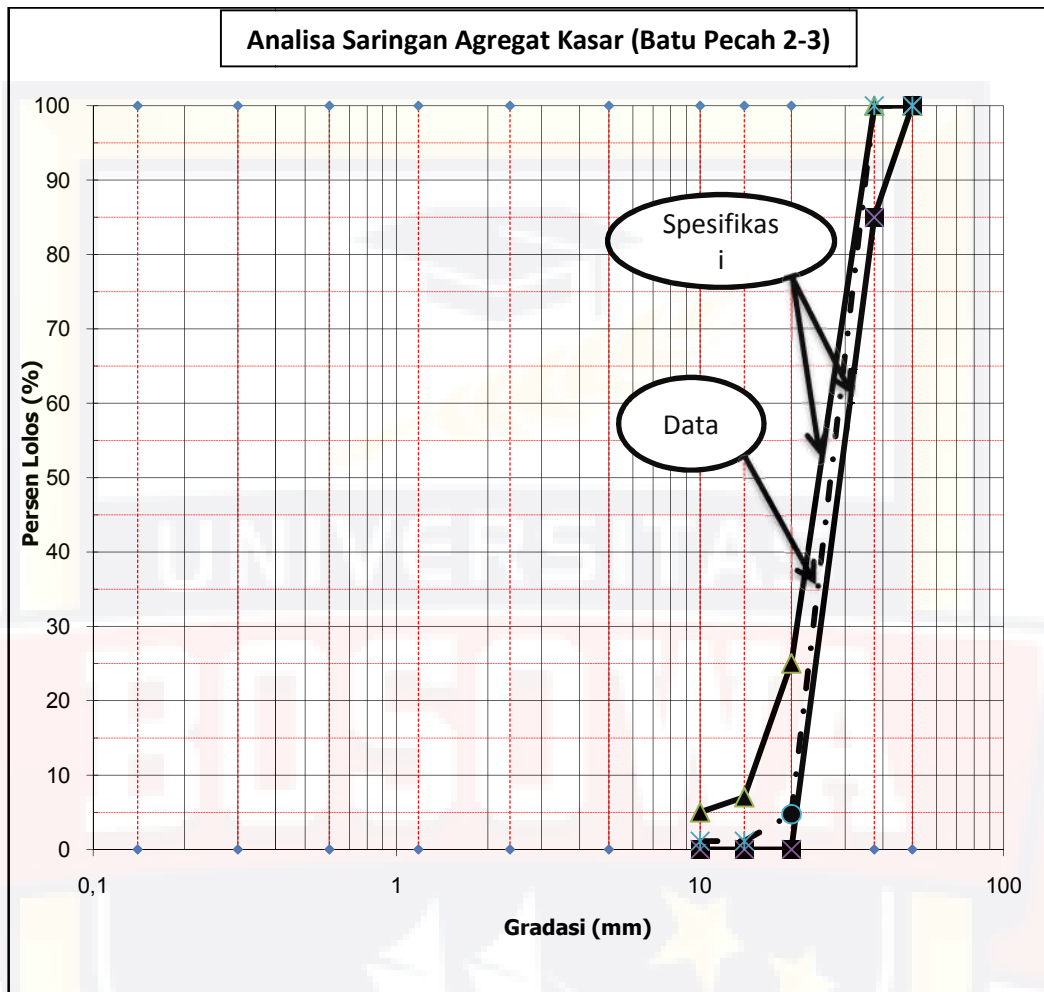
Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Tabel 4.3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 2-3)

| No | Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil Penelitian | Keterangan |
|----|------------------|-------------|------------------|------------|
| 1 | Analisa Saringan | Lihat Tabel | Lihat Grafik 4.3 | Memenuhi |
| 2 | Berat Jenis Bulk | 1.6 – 3.3 | 2.56 | Memenuhi |
| | Berat Jenis SSD | 1.6 – 3.3 | 2.60 | Memenuhi |
| | Berat Jenis Semu | 1.6 – 3.3 | 2.68 | Memenuhi |
| 3 | Penyerapan | 0.2% - 4% | 1.82 | Memenuhi |
| 4 | Kadar Air | 0.5% - 2% | 0.55 | Memenuhi |
| 5 | Berat isi | | | |
| | a. Lepas | 1.6 – 1.9 | 1.603 | Memenuhi |
| | b. Padat | 1.6 – 1.9 | 1.630 | Memenuhi |
| 6 | Kadar Lumpur | 0.2% - 1% | 0.82 | Memenuhi |

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.3. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 2-3)



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Dari tabel diatas menunjukan semua karakteristik dari agregat kasar dan agregat halus memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini berarti agregat kasar dan agregat halus tersebut baik dijadikan bahan dalam pembuatan campuran beton.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

4.2.1. Perencanaan Campuran Beton Normal

Perencanaan campuran beton dilaksanakan dengan menggunakan metode DOE (Department of Environment). Adapun hasil perencanaan campuran beton dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.4. Data hasil perhitungan mix design beton normal 20 Mpa

| | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Nilai Slump | 7 ± 2 cm |
| Kuat tekan yang disyaratkan | 20 MPa |
| Deviasi standar | - |
| Nilai tambah (margin) | 7,00 |
| Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | 27 MPa |
| Faktor air semen bebas (Fas) | 0,53 |
| Faktor air semen maksimum | 0,60 |
| Kadar air bebas | 185 kg/m ³ |
| Kadar semen maksimum | 349 kg/m ³ |
| Kadar semen minimum | 275 kg/m ³ |
| Berat isi beton | 2435 |
| Berat agregat gabungan | 1900,94 kg/m ³ |
| Berat agregat halus (pasir) | 682,43 kg/m ³ |
| Berat agregat kasar (batu pecah 2-3) | 749,88 kg/m ³ |
| Berat agregat kasar (batu pecah 1-2) | 468,68 kg/m ³ |
| Berat jenis gabungan | 2,70 kg/m ³ |

Sumber : Hasil perhitungan Mix design f'c = 20 Mpa.

- Perhitungan volume benda uji (silinder 15 x 30 cm).

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30 \text{ m}$$

$$V = 0,00530 \text{ m}^3$$
- Perhitungan untuk 1 benda uji

$$V = 0,0053 \text{ m}^3 \times 1 \times 1,2 \text{ (faktor kehilangan)}$$

$$V = 0,0064 \text{ m}^3$$

- Hasil perhitungan mix design beton normal untuk 20 benda uji

Tabel 4.5 Data perhitungan mix design

| Bahan Beton | Berat /M ³ Beton (kg) | Volume Benda Uji (m ³) | Berat Untuk 1 Sampel (kg) | Berat Untuk 20 Sampel (kg) |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Air | 184,95 | 0,0064 | 1,18 | 23,53 |
| Semen | 349,06 | 0,0064 | 2,22 | 44,39 |
| Pasir | 682,43 | 0,0064 | 4,34 | 86,80 |
| B. Pecah 2-3 | 749,88 | 0,0064 | 4,77 | 95,40 |
| B. Pecah 1-2 | 468,68 | 0,0064 | 2,98 | 59,60 |

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.2. Perencanaan Campuran Beton Air Soda

Komposisi bahan campuran beton air soda dilakukan pendekatan perbandingan volume untuk air tawar dan air soda pada beton normal.

Komposisi beton air soda dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.6 Komposisi campuran beton air soda 1 silinder

| Kode Sampel | Air Tawar : Air Soda (Kg) | | Pasir (Kg) | Batu Pecah (Kg) | | Jumlah Benda Uji | Metode Curing |
|-------------|---------------------------|------|------------|-----------------|------|------------------|---------------------|
| | | | | 1-2 | 2-3 | | |
| BAS 1 | 1,11 | 0,07 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 3 | Perendaman Air Laut |
| BAS 2 | 1,0856 | 0,09 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 3 | Perendaman Air Laut |
| BAS 3 | 1,06 | 0,12 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 3 | Perendaman Air Laut |

Sumber : Hasil perhitungan

4.3. Pengujian Slump Test

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui Keleccakan (workability) adukan beton.. Tingkat keleccakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan sebanyak 4 kali. Hasil pengujian slump test pada beton normal berturut-turut yaitu sebesar 7,5 cm, 8 cm, 6 cm dan 7.5 cm. sehingga material ini memenuhi batas syarat nilai slump test untuk beton yaitu 7 ± 2 cm, sedangkan pada beton ais soda yaitu sebesar 10 cm, 11 cm, 9.5 cm dan 13.5 perbedaan nilai slump pada beton air soda disebabkan fungsi dari air soda untuk mengencerkan campuran sehingga workability dari beton Air Soda meningkat dibandingkan dengan beton normal yang dapat dilihat pada tabel dibawa ini.

Tabel 4.7. Pengujian Slump Test Beton

| Pengecoran | Hasil Pengujian (cm) | | Rata-rata (cm) | |
|------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Beton Normal | Beton Air Soda | Beton Normal | Beton Air Soda |
| I | 7,5 | 10 | 7,25 | 11 |
| II | 8 | 11 | | |
| III | 6 | 9,5 | | |
| IV | 7.5 | 13,5 | | |

Sumber : Hasil Pengujian di Lab Teknik Sipil

4.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Sterngth). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban

atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c')

4.4.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Strength). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c').

Hasil pengujian kuat tekan beton normal (beton kontrol) pada umur 28 hari dapat dilihat pada Grafik 4.4 dengan nilai rata-rata kuat tekan 26,11 Mpa.

Tabel 4.6 Kuat tekan beton normal

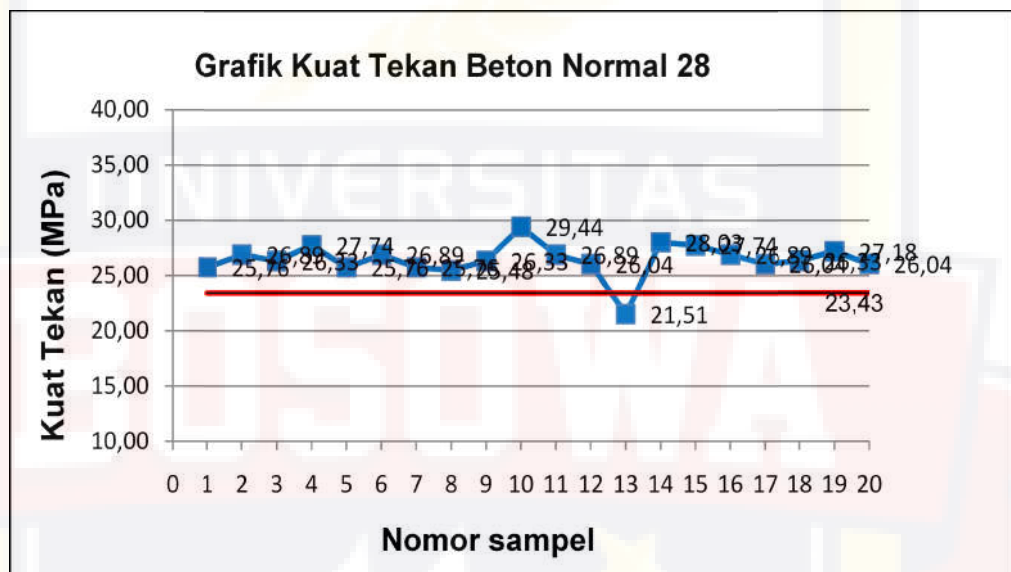
| No benda uji | Nilai slump(mm) | Berat (kg) | Kuat Tekan (Mpa) |
|--------------|-----------------|------------|------------------|
| I | 75 | 12,54 | 20,67 |
| II | 75 | 12,58 | 21,51 |
| III | 75 | 12,35 | 21,51 |
| IV | 75 | 12,58 | 21,23 |
| V | 75 | 12,51 | 22,93 |
| VI | 80 | 12,59 | 22,36 |
| VII | 80 | 12,47 | 21,80 |
| VIII | 80 | 12,44 | 21,51 |
| IX | 80 | 12,55 | 23,21 |
| X | 80 | 12,57 | 22,65 |
| XI | 60 | 12,54 | 22,08 |
| XII | 60 | 12,55 | 20,95 |
| XIII | 60 | 12,56 | 21,51 |
| XIV | 60 | 12,40 | 22,93 |
| XV | 60 | 12,60 | 22,65 |
| XVI | 75 | 12,64 | 22,08 |
| XVII | 75 | 12,55 | 20,67 |
| XVIII | 75 | 12,56 | 20,95 |
| XIX | 75 | 12,51 | 21,51 |
| XX | 75 | 12,38 | 22,08 |
| Rata -rata | | | 21,89 |

$$F_{ck} = f_{cm} - k \times S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}} \quad S = \frac{\sqrt{11,3068592}}{20-1} = 0,5951$$

$$F_{ck} = 21,89 - 1,645 \times (0,84953 \times 1,08) = 20,5162 > 20 \text{ MPa}$$

Grafik 4.4 Kuat tekan beton normal Sumber : Hasil perhitungan

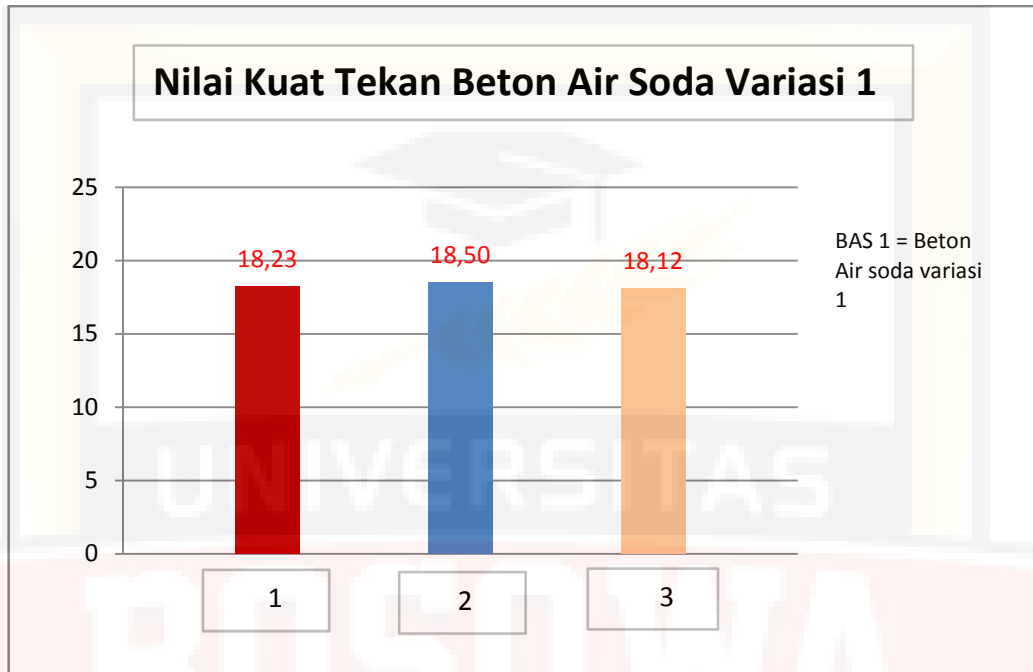


Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal diatas didapatkan nilai kuat tekan karakteristik sebesar 23,439 MPa. Nilai kuat tekan karakteristik ini memenuhi standar dimana nilai kuat tekan karakteristik yang ingin dicapai yaitu sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai kuat tekan pada beton air soda.

4.4.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Air Soda

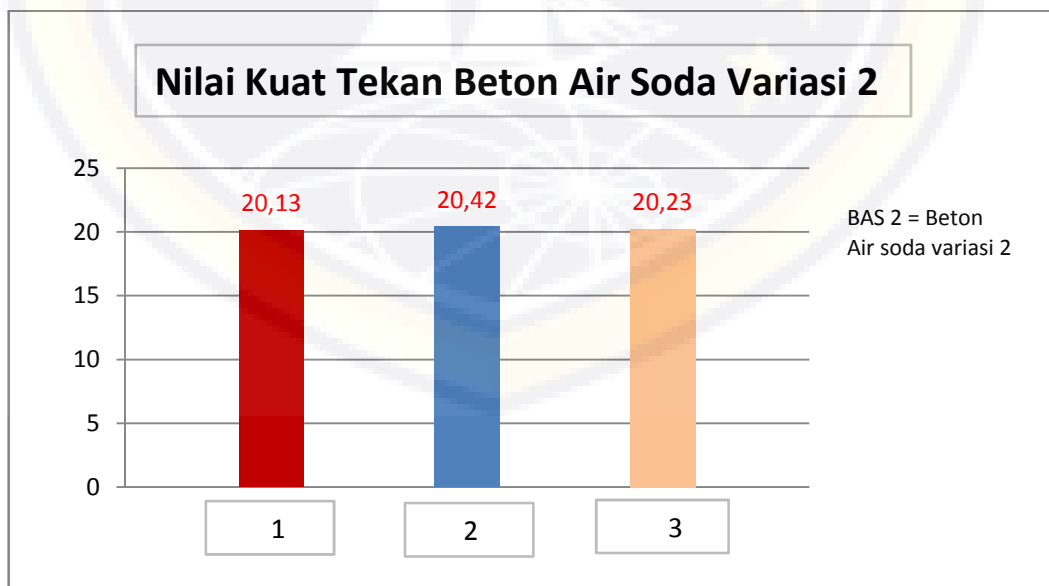
Hasil pengujian kuat tekan beton air soda pada umur 28 hari dengan metode curing perendaman dengan air laut dapat dilihat pada Grafik 4.8 dengan nilai rata-rata kuat tekan 21,29 Mpa.

Grafik 4.5 Nilai Kuat Tekan Beton Air Soda Variasi 1



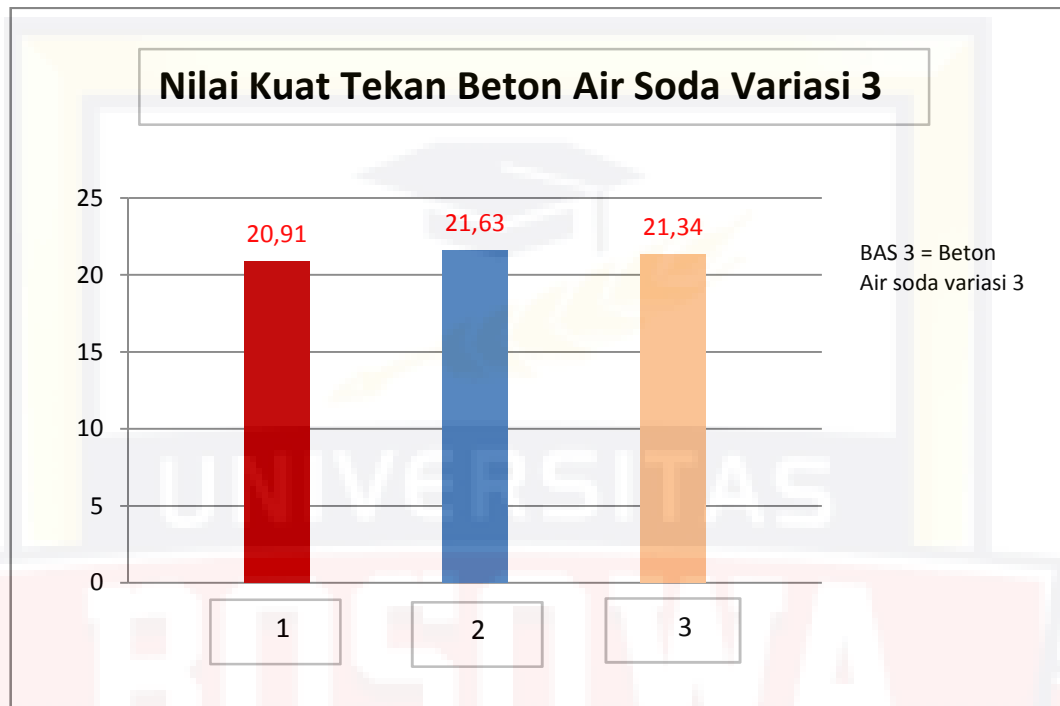
Sumber : Hasil penelitian

Grafik 4.6 Nilai Kuat Tekan Beton Air Soda Variasi 2



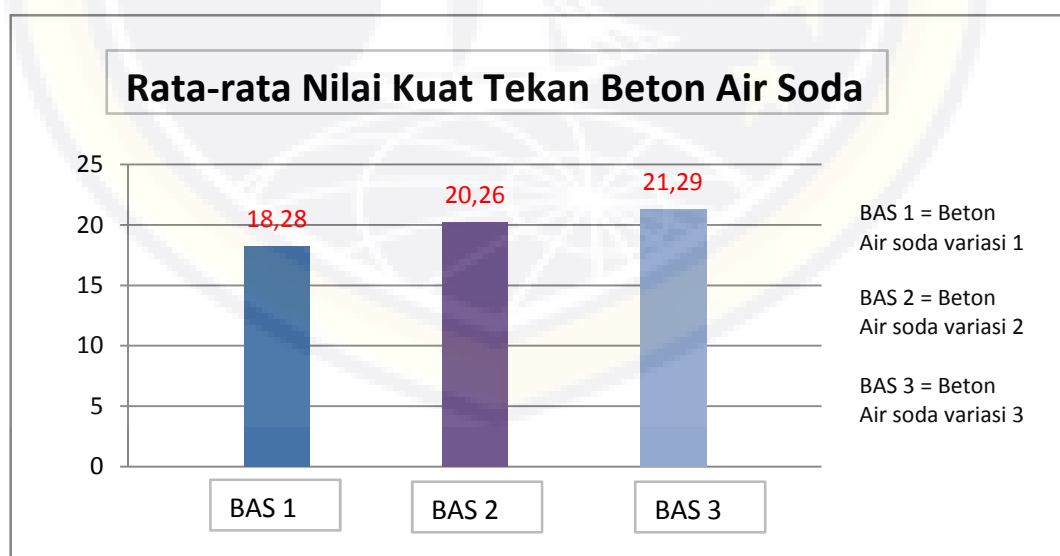
Sumber : Hasil penelitian

Grafik 4.7 Nilai Kuat Tekan Beton Air Soda Variasi 2



Sumber : Hasil penelitian

Grafik 4.8 Rata-rata Nilai Kuat Tekan Beton Air Soda



Sumber : Hasil penelitian

Kuat tekan beton air soda pada variasi 3 menghasilkan kuat tekan beton optimal dengan komposisi perbandingan air soda sebesar 10%, dengan metode curing perendaman air laut dimana air soda dan air laut bereaksi menjadi ikatan kimia yang kuat maka nilai kuat tekan beton semakin meningka, dimana bisa dilihat pada grafik 4.8. Adapun nilai kuat tekan beton variasi berturut-turut yaitu, 18.28 Mpa, 20.26 Mpa & 21.29.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

- Perbedaan besarnya nilai slump beton normal dan beton Air Soda disebabkan oleh fungsi dari Air soda untuk mengencerkan campuran sehingga workability dari beton Air Soda meningkat dibandingkan dengan beton normal.
- Berdasarkan pengujian yang dilakukan kuat tekan beton Air soda pada variasi 3 menghasilkan kuat tekan beton optimal dengan komposisi perbandingan Air soda sebesar 10% dengan metode curing Air laut dimana Air Soda dan Air laut bereaksi menjadi ikatan kimia yang kuat maka nilai kuat tekan beton semakin meningkat., adapun nilai kuat tekan beton variasi berturut-turut yaitu, 18.28 Mpa, 20,26 Mpa dan 21,29 Mpa.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat. Saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

- Usahakan proses pemadatan dari setiap sampelnya dilakukan secara konsisten agar beton benar-benar padat dan semua pori terisi secara merata.

- Perlunya penelitian selanjutnya dengan penambahan konsentrasi aktivator untuk menghasilkan kuat tekan beton Air soda optimal.
- Perlunya dilakukan penelitian selanjutnya pada proses curing yang berlanjut agar didapatkan kuat tekan yang lebih tinggi.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba menggunakan bahan kimia lainnya sebagai bahan tambah untuk campuran beton.
- Beton Air soda hasil dari penelitian ini pada variasi 3 dapat digunakan sebagai beton non struktur, bangunan pelindung pantai atau bangunan yang sering terkena air laut.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C33 – 08, Standard Specification for Concrete Aggregates

Honing, J, Surawan dan Lambri, E. Zacharias. 1997. *Konstruksi Beton*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Kusuma, Gideon.H. 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Cetakan Pertama, Jakarta: Erlangga.

Mulyono, Tri. 2004. *TeKnologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset

Murdock, L. J, Brook, K.M dan Hindarko, S. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi Keempat, Jakarta: Erlangga.

Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *TeKnologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.

Novieyansa. 2006. *Pengaruh Variasi Pengurangan Deterjen Terhadap Kuat Tekan Beton*. Dosen Pemula Fakultas TeKnik Universitas Muhamadiyah Palembang.

Shinta Marito Siregar, 2009. *Pengaruh Penggunaan serbuk cangkang kerang Terhadap Kuat Tekan Beton K-300*. Dosen Pemula Fakultas TeKnik Universitas Sumatera Utara.

SNI 03 - 2834 – 2000., *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2847-2013., *Ketentuan Umum Rancang Campur*, Badan Standarisasi Nasional.

LAMPIRAN I :

Data Hasil Penelitian Laboratorium

BOSOWA





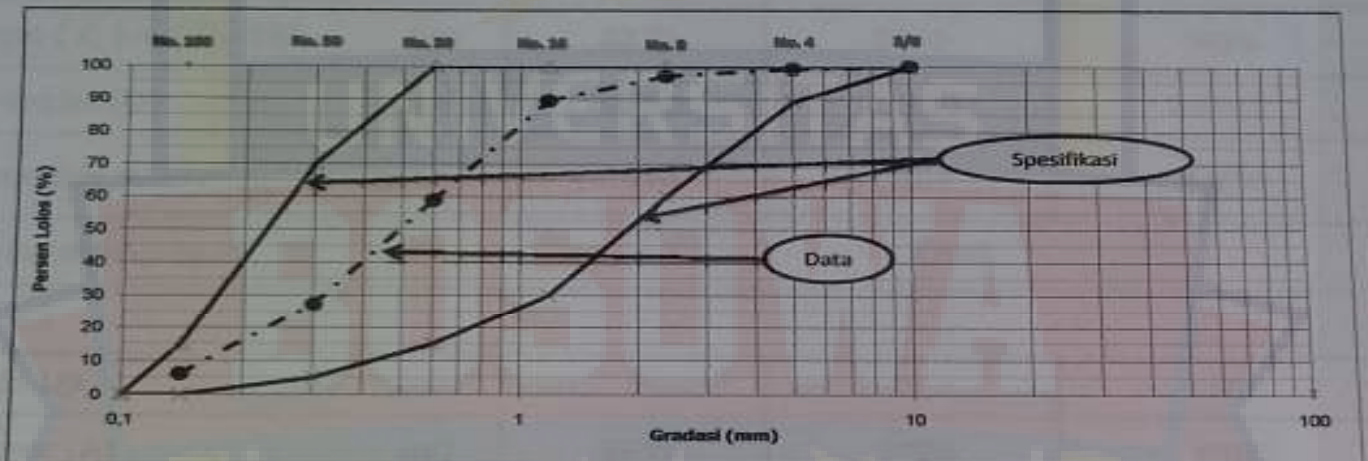
LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Material : Pasir
 Tanggal : 10 Desember 201
 Sumber : Billi-billi

Nama : Icu Sugianto Umar
 Nim : 45 10 041 044

| Saringan No | Total : 2511,7 | | | Total : 2512,4 | | | Total : 2518,6 | | | Total : 2500,4 | | Spesifikasi |
|-------------|--------------------|------------|---------|--------------------|------------|---------|--------------------|------------|---------|-------------------|----------|-------------|
| | Sampel 1 | | % Lolos | Sampel 2 | | % Lolos | Sampel 3 | | % Lolos | Rata-rata % Lolos | | |
| | Kumulatif Tertahan | % Tertahan | | Kumulatif Tertahan | % Tertahan | | Kumulatif Tertahan | % Tertahan | | | | |
| 3/8" | 0,0 | 0 | 100 | 0,0 | 0 | 100 | 0,0 | 0,000 | 100 | 100 | 100 | |
| No. 4 | 14,3 | 0,569 | 99,431 | 17,7 | 0,705 | 99,295 | 16,4 | 0,656 | 99,344 | 99,36 | 89 - 100 | |
| No. 8 | 66,3 | 2,640 | 97,360 | 68,3 | 2,719 | 97,281 | 77,0 | 3,080 | 96,920 | 97,19 | 60 - 100 | |
| No. 16" | 263,3 | 10,483 | 89,517 | 266,7 | 10,615 | 89,385 | 258,4 | 10,254 | 89,746 | 89,55 | 30 - 100 | |
| No. 30 | 991,5 | 39,475 | 60,525 | 1000,8 | 39,834 | 60,166 | 1092,2 | 43,681 | 56,319 | 59,00 | 15 - 100 | |
| No. 50 | 1701,6 | 67,747 | 32,253 | 1823,3 | 72,572 | 27,428 | 1943,1 | 77,712 | 22,288 | 27,32 | 5 - 70 | |
| No. 100 | 2329,1 | 92,730 | 7,270 | 2350,7 | 93,564 | 6,436 | 2382,8 | 95,297 | 4,703 | 8,14 | 0 - 15 | |
| Pan | 2387,0 | 95,035 | 4,965 | 2483,8 | 98,862 | 1,138 | 2397,7 | 95,893 | 4,107 | 3,40 | | |





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : Desember 2017
Sumber : Bili-bili

Nama : Icu Sugianto Umar
Nim : 45 10 041 044

Lepas

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 9100 | 9088 | 9610 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3270 | 3363 | 3425 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,610 | 1,564 | 1,636 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,603 | | |

Padat

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 9210 | 9135 | 9520 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3380 | 3410 | 3335 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,664 | 1,586 | 1,593 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,614 | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 2-3
Tanggal : Desember 2017
Sumber : Bili-bili

Nama : Icu Sugianto Umar
Nim : 45 10 041 044

Lepas

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 9120 | 9055 | 9620 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3290 | 3330 | 3435 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ | (gr/cm ³) | 1,620 | 1,549 | 1,640 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,603 | | |

Padat

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 9210 | 9135 | 9620 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3380 | 3410 | 3435 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ | (gr/cm ³) | 1,664 | 1,586 | 1,640 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,630 | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : Desember 2017
Sumber : Bili-bili

Nama : Icu Sugianto Umar
Nim : 45 10 041 044

Lepas

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 8750 | 8630 | 9225 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 2920 | 2905 | 3040 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,438 | 1,351 | 1,452 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,413 | | |

Padat

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 8855 | 8760 | 9220 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3025 | 3035 | 3035 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,489 | 1,412 | 1,449 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,450 | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : Desember 2017
Sumber : Bili-bili

Nama : Icu Sugianto Umar
Nim : 45 10 041 044

Lepas

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 8750 | 8630 | 9225 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 2920 | 2905 | 3040 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,438 | 1,351 | 1,452 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,413 | | |

Padat

| Nomor Benda Uji | | I | II | III |
|---|--------------------|--------|--------|--------|
| Berat Container (A) | (gr) | 5830 | 5725 | 6185 |
| Berat Container + Agregat (B) | (gr) | 8855 | 8760 | 9220 |
| Berat Agregat (C) = (B) - (A) | (gr) | 3025 | 3035 | 3035 |
| Volume Container (D) | (cm ³) | 2031,2 | 2150,0 | 2094,2 |
| Berat Isi Agregat = $\frac{(C)}{(D)}$ (gr/cm ³) | | 1,489 | 1,412 | 1,449 |
| Berat Isi Rata-rata Agregat | | 1,450 | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

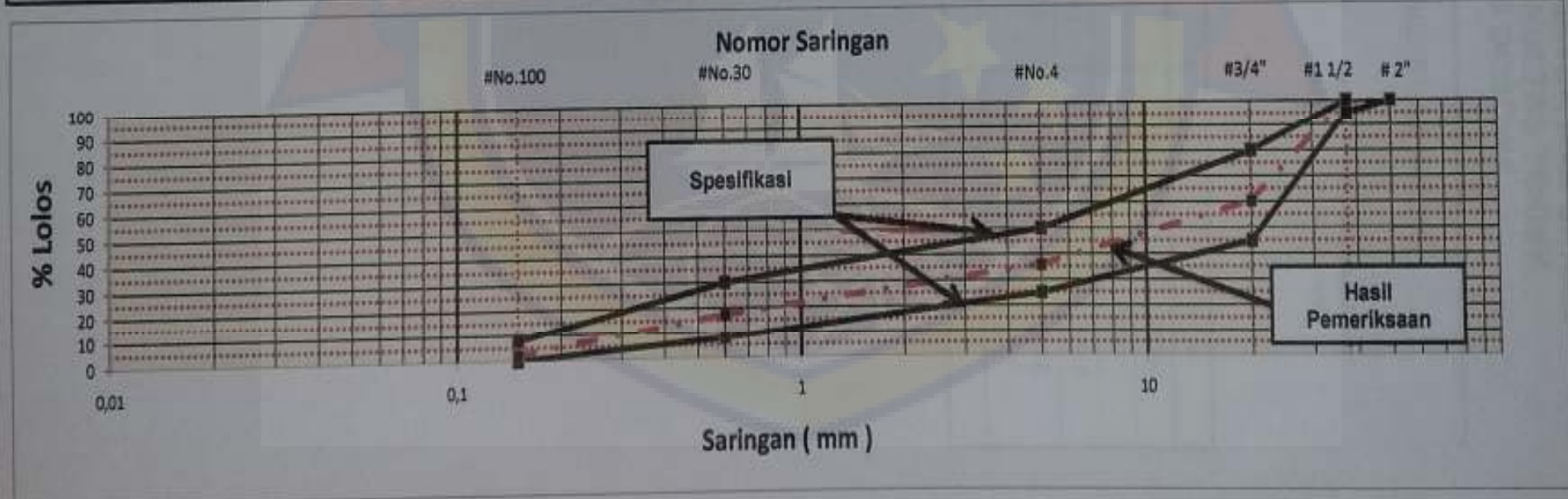
COMBINED AGGREGATE GRADING

Material : Batu Pecah (2-3, 1-2) & Pasir
 Tanggal : Desember 2017
 Sumber : Bill - bill

Nama : Icu Sugianto Umar
 Stambuk : 45 110 041 044

| ASTM SIEVE SIZE | AGGREGATE GRADING (AVARAGE) | | | | COMBINED AGGREGATE GRADING BETON (Maksimum Nominal 20 mm) | | | | | | | | | | | SPEC | AGG. SURFACE FACTOR | |
|--------------------|----------------------------------|--------|-------|---|--|----|-----|----|---|----|-----|-----|----|---|----|------|---------------------------|--|
| | a | b | c | d | I | II | III | IV | V | VI | VII | VII | IX | X | XI | | | |
| 2" | 100 | 100 | 100 | | 100 | | | | | | | | | | | | 100 | |
| 1 1/2" | 100 | 100 | 100 | | 100 | | | | | | | | | | | | 95-100 | |
| 3/4" | 4,759 | 93,567 | 100 | | 60,29535 | | | | | | | | | | | | 45-80 | |
| No. 4 | 1,094 | 1,357 | 100 | | 35,77685 | | | | | | | | | | | | 25-50 | |
| No. 30 | 1,016 | 1,091 | 47,34 | | 17,24815 | | | | | | | | | | | | 8-30 | |
| No. 100 | 0,967 | 0,896 | 4,47 | | 2,1753 | | | | | | | | | | | | 0-8 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| AGGREGATE | a. Batu Pecah 2-3 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BLENDING RATIO | b. Batu Pecah 1-2 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (% BY WEIGHT OF TOTAL AGGREGATE) | c. Pasir | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL AGGREGATE SURFACE AREA (M2 / KG) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Material : Pasir
Tanggal : Desember 2017
Sumber : Bili - Bili

Nama : Icu Sugianto Umar
Nim : 45 10 041 044

| | | | I | II |
|-----------------------------|------|-------------|--------|--------|
| Berat benda uji | gram | A | 2501,8 | 2506,9 |
| Berat benda uji kering oven | gram | B | 2395,4 | 2397,1 |
| Berat Air | gram | $C (A - B)$ | 106,4 | 109,8 |
| Kadar Air | % | $(C/A)*100$ | 4,25 | 4,38 |
| Kadar Air Rata- rata | | % | 4,32 | |



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

RANCANG CAMPURAN BETON GEOPOLIMER

(GEOPOLIMER CONCRETE MIX DESIGN)

Nama : Icu Sugianto Umar

Tanggal : 06 september 2016

Nim : 45 10 041 044

Komposisi Mix Design Beton Normal 20 MPa (silinder 15 x 30)

| | | |
|--------|---|---------|
| Air | = | 1,18 Kg |
| Semen | = | 2,22 Kg |
| Pasir | = | 4,34 Kg |
| BP 1-2 | = | 2,98 Kg |
| BP 2-3 | = | 4,77 Kg |

Komposisi Mix Design Modifikasi Beton Geopolimer 1 Silinder

Geopolimer I Fly Ash : Activator (2 : 1)

| | | | | | | |
|---|---|-----------|---|---------|---|-----------|
| Air | + | Semen | = | Fly Ash | + | Activator |
| 1,18 | + | 2,22 | = | 3,4 Kg | | |
| Fly Ash | : | Activator | = | 2 | : | 1 |
| | | 3,4 | = | 2,27 | + | 1,13 |
| Fly Ash | | | = | 2,27 Kg | | |
| Activator (Naoh + Na ₂ SiO ₃) | | | = | 1,13 Kg | | |
| Na ₂ SiO ₃ | : | NaOH | = | 2,5 | : | 1 |
| | | 1,13 | = | 0,81 | + | 0,32 |
| Na ₂ SiO ₃ | | | = | 0,81 Kg | | |
| NaOH | | | = | 0,32 Kg | | |
| Pasir | | | = | 4,34 Kg | | |
| BP 1-2 | | | = | 2,98 Kg | | |
| BP 2-3 | | | = | 4,77 Kg | | |
| Air | | | = | 0,68 Kg | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

Geopollmer II Fly Ash : Activator (1,5 : 1)

| | | | | | | | |
|---------|---|-----------|---|------|----|---|------|
| Fly Ash | + | Activator | = | 3,4 | Kg | | |
| Fly Ash | : | Activator | = | 1,5 | | : | 1 |
| | | 3,4 | = | 1,02 | | + | 1,36 |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---|----------|----|---|-------|
| Fly Ash | | | = | 1,02 | Kg | | |
| Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃) | | | = | 1,36 | Kg | | |
| Na ₂ SiO ₃ | : | NaOH | = | 25 | | : | 1 |
| | | 1,36 | = | 0,971429 | | + | 0,544 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|---|----------|----|--|--|
| Na ₂ SiO ₃ | | | = | 0,971429 | Kg | | |
| NaOH | | | = | 0,544 | Kg | | |
| Pasir | | | = | 4,34 | Kg | | |
| BP 1-2 | | | = | 2,98 | Kg | | |
| BP 2-3 | | | = | 4,77 | Kg | | |
| Air | | | = | 0,68 | Kg | | |

Geopolimer III Fly Ash : Activator (1 : 1)

| | | | | | | | |
|---------|---|-----------|---|-----|----|---|-----|
| Fly Ash | + | Activator | = | 3,4 | Kg | | |
| Fly Ash | : | Activator | = | 1 | | : | 1 |
| | | 3,4 | = | 1,7 | | + | 1,7 |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---|------|----|---|------|
| Fly Ash | | | = | 1,7 | Kg | | |
| Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃) | | | = | 1,7 | Kg | | |
| Na ₂ SiO ₃ | : | NaOH | = | 2,5 | | : | 1 |
| | | 1,7 | = | 1,21 | | + | 0,49 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|---|------|----|--|--|
| Na ₂ SiO ₃ | | | = | 1,21 | Kg | | |
| NaOH | | | = | 0,49 | Kg | | |
| Pasir | | | = | 4,34 | Kg | | |
| BP 1-2 | | | = | 2,98 | Kg | | |
| BP 2-3 | | | = | 4,77 | Kg | | |
| Air | | | = | 0,68 | Kg | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Geopolimer IV Fly Ash : Activator (1 : 1,5)

| | | | | | | | |
|---|---|-----------|---|------|----|---|------|
| Fly Ash | + | Activator | = | 3,4 | Kg | | |
| Fly Ash | : | Activator | = | 1 | | : | 1,5 |
| | | 3,4 | = | 1,36 | | + | 2,04 |
| Fly Ash | | | = | 1,36 | Kg | | |
| Activator (NaOH + Na ₂ SiO ₃) | | | = | 2,04 | Kg | | |
| Na ₂ SiO ₃ | : | NaOH | = | 2,5 | | : | 1 |
| | | 2,04 | = | 1,46 | | + | 0,58 |
| Na ₂ SiO ₃ | | | = | 1,46 | Kg | | |
| NaOH | | | = | 0,58 | Kg | | |
| Pasir | | | = | 4,34 | Kg | | |
| BP 1-2 | | | = | 2,98 | Kg | | |
| BP 2-3 | | | = | 4,77 | Kg | | |
| Air | | | = | 0,68 | Kg | | |

Perencanaan Mix design beton geopolimer 1 silinder

| Kode Sampel | Fly Ash (Kg) | Aktivator (Kg) | | Pasir (Kg) | Batu Pecah (Kg) | | Air (Kg) | Jumlah Benda Uji |
|-------------|--------------|----------------|----------------------------------|------------|-----------------|------|----------|------------------|
| | | NaOH | Na ₂ SiO ₃ | | 1-2 | 2-3 | | |
| Gp-1 | 1,81 | 0,26 | 0,65 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 0,68 | 3 |
| Gp-2 | 1,632 | 0,435 | 0,77 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 0,68 | 3 |
| Gp-3 | 1,36 | 0,39 | 0,97 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 0,68 | 3 |
| Gp-4 | 1,088 | 0,47 | 1,17 | 4,34 | 4,77 | 2,98 | 0,68 | 3 |

Komposisi bahan untuk 12 silinder

| Nama bahan | Volume silinder (m ³) | Jumlah bahan (Kg) |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Fly ash | 0,0064 | 17,67 |
| NaOH | 0,0064 | 4,665 |
| Na ₂ SiO ₃ | 0,0064 | 10,68 |
| Air | 0,0064 | 8,16 |
| Batu Pecah 1-2 | 0,0064 | 57,24 |
| Batu Pecah 2-3 | 0,0064 | 35,76 |
| Pasir | 0,0064 | 8,16 |



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. (0411) 452901 – 342789fax.(0411)424568,
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

KEKUATAN TEKAN BETON (Silinder)

20 Mpa

Di Uji : Icu Sugianto Umar
Stambuk : 45 10 041 044

| No Benda Uji | Tanggal Pembuatan | Perbandingan Campuran PC : PSR : KR | Slump (mm) | Berat (Kg) | Diameter (mm) | Tinggi (mm) | Luas Penampang (Cm) | Berat Isi (Kg/Cm ³) | Umur (Hari) | Beban Maksimum (KN) | Kekuatan Tekan (MPa) | Syarat Benda Uji (28 hari) | Lokasi | Ket. |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|------------|------------|---------------|-------------|---------------------|---------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|----------------------------|--------|------|
| I | 25-Jan-18 | | 80 | 12,54 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 455 | 25,76 | 20 Mpa | UNIBOS | |
| II | 25-Jan-18 | | 80 | 12,58 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 475 | 26,89 | | UNIBOS | |
| III | 25-Jan-18 | | 80 | 12,35 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 465 | 26,33 | | UNIBOS | |
| IV | 25-Jan-18 | | 80 | 12,58 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 490 | 27,74 | | UNIBOS | |
| V | 25-Jan-18 | | 80 | 12,51 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 455 | 25,76 | | UNIBOS | |
| VI | 25-Jan-18 | | 80 | 12,59 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 475 | 26,89 | | UNIBOS | |
| VII | 25-Jan-18 | | 80 | 12,47 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 455 | 25,76 | | UNIBOS | |
| VIII | 25-Jan-18 | | 80 | 12,44 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 450 | 25,48 | | UNIBOS | |
| IX | 25-Jan-18 | | 80 | 12,55 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 465 | 26,33 | | UNIBOS | |
| X | 25-Jan-18 | | 80 | 12,57 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 520 | 29,44 | | UNIBOS | |
| XI | 26-Jan-18 | | 80 | 12,54 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 475 | 26,89 | | UNIBOS | |
| XII | 26-Jan-18 | | 80 | 12,55 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 460 | 26,04 | | UNIBOS | |
| XIII | 26-Jan-18 | | 80 | 12,56 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 380 | 21,51 | | UNIBOS | |
| XIV | 26-Jan-18 | | 80 | 12,40 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 495 | 28,03 | | UNIBOS | |
| XV | 26-Jan-18 | | 80 | 12,60 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 490 | 27,74 | | UNIBOS | |
| XVI | 26-Jan-18 | | 80 | 12,64 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 475 | 26,89 | | UNIBOS | |
| XVII | 26-Jan-18 | | 80 | 12,55 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 460 | 26,04 | | UNIBOS | |
| XVIII | 26-Jan-18 | | 80 | 12,56 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 465 | 26,33 | | UNIBOS | |
| XIX | 26-Jan-18 | | 80 | 12,51 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 480 | 27,18 | | UNIBOS | |
| XX | 26-Jan-18 | | 80 | 12,38 | 150 | 300 | 17662,50 | | 28 | 460 | 26,04 | | UNIBOS | |
| Rata - rata = | | | | | | | | | | | 26,45 | | | |

$$f_{ck} = f_{cm} - k \times S$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{43,35036756}{(20-1)}}$$

$$S = 2,281598 = 1,510496$$

Ket: f_{ck} = kuat tekan karakteristik beton

n = jumlah pengujian

f_{cm} = kuat tekan rata-rata beton

S = standar deviasi

k = 1.645 untuk tingkat kepercayaan 95%

f_{ci} = nilai hasil uji

$$f_{ck} = 26,45 - 1,645 (1,5105 \times 1,08) = 23,77081 \text{ Mpa} > 20 \text{ Mpa}$$



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

f. Menetapkan faktor air semen

Besar faktor air semen (fas) diambil dari grafik

- berdasarkan kuat tekan rata-rata = 0,53 (berdasarkan grafik korelasi fas dan f_c)

g. Menetapkan faktor air semen maksimum

Diperoleh dari tabel persyaratan nilai fas maksimum untuk berbagai pembetonan

dilingkungan khusus (Beton diluar ruang bangunan terlindung dari hujan dan terik matahari langsung).

- nilai fas maksimum = 0,60

h. Menetapkan kadar air bebas

Berdasarkan nilai slump 7 ± 2 cm dan ϕ maksimum agregat 40 mm, maka diperoleh :

Kadar air bebas alami (Wf) = 175 kg/m^3 beton

Kadar air bebas bt. pecah (Wc) = 205 kg/m^3 beton

Kadar air bebas = $(2/3 \times Wf) + (1/3 \times Wc)$
= $(2/3 \times 175) + (1/3 \times 205)$
= 185,0 kg/m^3 beton

l. Penetapan kadar semen

Kadar semen Maks = $\frac{\text{Kadar air bebas (Wf)}}{\text{Faktor air semen (fas)}} = \frac{185}{0,53} = 349,06 \text{ kg/m}^3$

Kadar semen minimum = 275 kg/m^3 beton (diperoleh dari tabel => jenis konstruksi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung)

j. Berat jenis gabungan agregat

Bj. Gabungan = a . Bj. Spesifik SSD pasir + b . Bj. Spesifik SSD b. Pch (2-3) + c . Bj. Spesifik SSD b. Pch (1-2)

Bj. Gabungan = $0,350 \times 2,84 + 0,4 \times 2,5 + 0,3 \times 2,6 = 2,7$

k. Berat volume beton segar

Berdasarkan nilai bj. Gabungan 2,7 dan kadar air bebas 185 kg/m^3 (grafik), maka diperoleh :

Berat volume beton segar = 2435 kg/m^3

l. Berat total agregat (pasir+batu pecah)

Berat total agregat = Berat Volume Beton Segar - Kadar Air Bebas - Kasir Semen Maksimum

Berat total agregat = $2435 - 185 - 349,06 = 1900,94 \text{ kg/m}^3$ beton



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

RANCANG CAMPURAN BETON
(CONCRETE MIX DESIGN)

Material : Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Nama : Icu Sugianto Umar

Tanggal :

Nim : 45 10 041 044

Data :

| | | | |
|-------------------------------------|---|---------|-------------------|
| Slump | = | 7 ± 2 | cm |
| Kuat tekan yang disyari (Silinder) | = | 20 | Mpa |
| Deviasi Standar (S) | = | - | Mpa |
| Nilai Tambah (Margin) | = | 7,00 | Mpa |
| Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | = | 27,00 | Mpa |
| Faktor Air Semen Bebas (Fas) | = | 0,53 | (Grafik) |
| Faktor Air Semen Maksimum | = | 0,60 | (Tabel) |
| Kadar Air Bebas | = | 185 | kg/m ³ |
| Kadar Semen Maksimum | = | 349 | kg/m ³ |
| Kadar Semen Minimum | = | 275 | (Tabel) |
| Berat Isi Beton | = | 2435 | (Grafik) |
| Berat Agregat Gabungan | = | 1900,94 | kg/m ³ |
| Berat Agregat Halus | = | 665,33 | kg/m ³ |
| Berat Agregat Kasar Batu Pecah 1-2 | = | 475,24 | kg/m ³ |
| Berat Agregat Kasar Batu Pecah 2-3 | = | 760,38 | kg/m ³ |
| Berat Jenis Gabungan | = | 2,7 | kg/m ³ |

a. Menentukan deviasi standar

Berdasarkan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 20 Mpa (silinder), maka :

Deviasi standar (S) tabel modifikasi deviasi standar = -

b. Menghitung nilai tambah (margin)

$$m = 7 \text{ Mpa}$$

c. Menghitung kuat tekan rata-rata

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

$$f'_{cr} = 20 + 7,00 = 27,00 \text{ Mpa}$$

d. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran

Jenis semen = Type I (PCC semen bosowa)

e. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar

Agregat halus yang digunakan yaitu = Pasir alam

Agregat kasar yang digunakan yaitu = Batu pecah



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

m. Berat masing-masing agregat

| | | | | | | | |
|----------------------|---|--------|---|---------|---|---------|-------------------------|
| Berat pasir | = | 35,00% | x | 1900,94 | = | 665,330 | kg/m ³ beton |
| Berat B. Pecah (2-3) | = | 40,00% | x | 1900,94 | = | 760,377 | kg/m ³ beton |
| Berat B. Pecah (1-2) | = | 25,00% | x | 1900,94 | = | 475,236 | kg/m ³ beton |
| Jumlah | | | | | = | 1900,94 | kg/m ³ beton |

n. Hasil mix design SSD karakteristik agregat

| Sebelum Koreksi | | Sesudah Koreksi (Untuk semen, tidak dikoreksi) | |
|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|
| Air (Wa) | = 185,00 kg/m ³ | Air (Wa) | = 183,20 kg/m ³ |
| Semen (Ws) | = 349,06 kg/m ³ | Semen (Ws) | = 349,06 kg/m ³ |
| Pasir (B _{SSDp}) | = 665,33 kg/m ³ | Pasir (B _{SSDp}) | = 682,43 kg/m ³ |
| Bp 2-3 (B _{SSDk}) | = 760,38 kg/m ³ | Kerikil (B _{SSDk}) | = 749,88 kg/m ³ |
| Bp 1-2 (B _{SSDk}) | = 475,24 kg/m ³ | Kerikil (B _{SSDk}) | = 468,68 kg/m ³ |
| Jumlah | = 2435,00 kg/m ³ | Jumlah | = 2433,25 kg/m ³ |

o. Koreksi campuran beton untuk pelaksanaan

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi Air} &= \text{Jumlah Air} - (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times \frac{(\text{Jumlah Pasir})}{100} \\
 &\quad - (\text{Kadar Air Bp 2-3} - \text{Absorpsi Bp 2-3}) \times \frac{(\text{Jumlah B.P 2-3})}{100} \\
 &\quad - (\text{Kadar Air Bp 1-2} - \text{Absorpsi Bp 1-2}) \times \frac{(\text{Jumlah B.P 1-2})}{100} \\
 &= 185 - (4,32 - 1,75) \times \frac{(665,33 / 100)}{100} - (0,67 - 1,82) \times \frac{(760,38 / 100)}{100} \\
 &\quad - (0,55 - 1,93) \times \frac{(475,24 / 100)}{100} \\
 &= 183,2037 \\
 \text{Koreksi Pasir} &= \text{Jumlah Pasir} + (\text{Kadar Air Pasir} - \text{Absorpsi Pasir}) \times \frac{(\text{Jumlah Pasir})}{100} \\
 &= 665,33 + 4,32 - 1,75 \times \frac{667,16}{100} = 682,429 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Koreksi Bp1-2} &= \text{Jumlah Kerikil} + (\text{Kadar Air Kerikil} - \text{Absorpsi Kerikil}) \times \frac{(\text{Jumlah Batu Pecah 1-2})}{100} \\
 &= 475,24 + 0,55 - 1,93 \times \frac{475,24}{100} = 468,678 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Koreksi Bp2-3} &= \text{Jumlah Kerikil} + (\text{Kadar Air Kerikil} - \text{Absorpsi Kerikil}) \times \frac{(\text{Jumlah Batu Pecah 2-3})}{100} \\
 &= 760,38 + 0,55 - 1,93 \times \frac{760,38}{100} = 749,884 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Perencanaan mix design adalah sebagai berikut :

| BAHAN BETON | BERAT/M ³ BETON (kg) | VOLUME BENDA UJI | BERAT UTK 1 SAMPEL (kg) | BERAT UTK 20 SAMPEL (kg) |
|-------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|
| Air | 183,20 | 0,0064 | 1,16 | 23,30 |
| Semen | 349,06 | 0,0064 | 2,22 | 44,39 |
| Pasir | 682,43 | 0,0064 | 4,34 | 86,78 |
| B.P 2-3 | 749,88 | 0,0064 | 4,77 | 95,36 |
| B.P 1-2 | 468,68 | 0,0064 | 2,98 | 59,60 |

Perhitungan Volume Benda Uji

Silinder 15 cm x 30 cm

$$V = 1/4 \times \pi \times D^2 \times t$$

$$V = 1/4 \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,3$$

$$V = 0,00530 \text{ (Untuk 1 Benda Uji)}$$

$$V = 0,00530 \times 1 \times 1,2$$

$$V = 0,0064 \text{ (Untuk 1 Benda Uji)}$$

Dimana 1,2 adalah Faktor Koreksi

V = Volume Benda Uji V = Volume Benda Uji

D = Jari - Jari



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Nama : Icu Sugianto Umar

Nim : 45 10 041 044

Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Kasar

| No | Karakteristik Agregat | Spesifikasi Interval | Hasil Pemeriksaan | | Keterangan |
|----|-------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|
| | | | BP 1-2 | BP 2-3 | |
| 1 | Analisa saringan | - | Lihat Lampiran | | Memenuhi |
| 2 | Kadar lumpur | 0.2 - 1% | 0.82 % | 0.82% | Memenuhi |
| 3 | Kadar air | 0.5 - 2% | 0.55% | 0.55% | Memenuhi |
| 4 | Berat Isi | | | | |
| | a. Lepas | 1.6 - 1.9 | 1.603 | 1.603 | Memenuhi |
| | b. Padat | 1.6 - 1.9 | 1.614 | 1.630 | Memenuhi |
| 5 | Absorsi | 0.2% - 4% | 1.93 | 1.82 | Memenuhi |
| 6 | Berat jenis spesifik | | | | |
| | a. Bj. Nyata | 1.6 - 3.2 | 2.57 | 2.56 | Memenuhi |
| | b. Bj. Dasar Kering | 1.6 - 3.2 | 2.62 | 2.60 | Memenuhi |
| | c. Bj. Kering Permukaan | 1.6 - 3.2 | 2.70 | 2.68 | Memenuhi |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Nama : Icu Sugianto Umar

Nim : 45 10 041 044

Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Kasar

| No | Karakteristik Agregat | Spesifikasi Interval | Hasil Pemeriksaan | | Keterangan |
|----|-------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|
| | | | BP 1-2 | BP 2-3 | |
| 1 | Analisa saringan | - | Lihat Lampiran | | Memenuhi |
| 2 | Kadar lumpur | 0.2 - 1% | 0.82 % | 0.82% | Memenuhi |
| 3 | Kadar air | 0.5 - 2% | 0.55% | 0.55% | Memenuhi |
| 4 | Berat Isi | | | | |
| | a. Lepas | 1.6 - 1.9 | 1.603 | 1.603 | Memenuhi |
| | b. Padat | 1.6 - 1.9 | 1.614 | 1.630 | Memenuhi |
| 5 | Absorsi | 0.2% - 4% | 1.93 | 1.82 | Memenuhi |
| 6 | Berat jenis spesifik | | | | |
| | a. Bj. Nyata | 1.6 - 3.2 | 2.57 | 2.56 | Memenuhi |
| | b. Bj. Dasar Kering | 1.6 - 3.2 | 2.62 | 2.60 | Memenuhi |
| | c. Bj. Kering Permukaan | 1.6 - 3.2 | 2.70 | 2.68 | Memenuhi |

LAMPIRAN II :

Dokumentasi Penelitian

BOSOWA

