

**SKRIPSI**

**KEKUATAN DAN DURABILITAS BAJA TULANGAN PADA  
BETON MENGGUNAKAN PASIR PANTAI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada  
Program Studi Teknik Sipil



Disusun oleh:

NUR NANENGSU

D01 20 375

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULAWESI BARAT**

**MAJENE**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**KEKUATAN DAN DURABILITAS BAJA TULANGAN PADA BETON  
MENGUNAKAN PASIR PANTAI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada  
Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas  
Sulawesi Barat

Oleh

**NUR NANENGI**

**D01 20 375**

Telah Diperiksa Dan Disetujui Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik Sipil (ST)

Menyetujui,

Tim Pembimbing

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**

Dr. Eng. Ir Amry Dasar, S.T., M.Eng

Dr. Eng. Ir Dahlia Patah, S.T., M.Eng

NIP. 198801 15 201903 1 006

NIP. 198608 25 201504 2 001

Mengetahui

**Dekan Fakultas Teknik**

**Koordinator Program Studi**



Dr. Ir. Hafshah Nirwana, M.T.

NIP. 19640405 199003 2 002



Amalia Nurdin, S.T., M.T.

NIP. 19871212 201903 2 017

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Majene, februari 2024

NUR NANENCSI

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan skripsi yang berjudul **“KEKUATAN DAN DURABILITAS BAJA TULANGAN PADA BETON MENGGUNAKAN PASIR PANTAI”**. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus di tempuh setiap mahasiswa dan merupakan tahap akhir dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana program strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat.

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini, tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini dengan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Superhero dan panutanku, Ayahanda SUARMAN.A, terimakasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis, beliau memng tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan do'a dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surgaku, Ibunda Nurjannah, yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi serta do'a hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Cinta kasih keempat kakak kandung penulis, Subandri. S, Nurhidayah, Nurdawiah dan Nurhijrah, terimakasih atas segala doa, usaha dan support yang telah diberikan kepada penulis.
4. Dr. Eng. Amry Dasar, S.T., M.Eng sebagai pembimbing I dan Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng Sebagai pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing penulis.
5. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat.
6. Amalia Nurdin, S.T., M.T Sebagai ketua jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat.

7. Amalia Nurdin, S.T., M.T, Herni Suryani, S.T., M.Eng. dan Ir. Yusman, S.Si., M.T selaku dosen penguji.
8. Ibu Irma Ridhayani, ST.,MT. selaku dosen PA penulis, terima kasih telah membimbing penulis dan memberikan motivasi dari awal perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir penulis.
9. Seluruh dosen dan seluruh staf administrasi Program Srata satu (S1) jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat.
10. Rekan tim Kasmawati, Salsabilah, Ade sonia, Dwi putri agung, Ipa Alipia, Amar Ma'ruf dan Rikky Alexsander, yang senantiasa menemani penulis dalam menjalankan penelitian serta penyelesaian skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat terbaikku, Nurmadinah Mnur, Jusriani, Arjuna, widia mega putri, Kasmawati, Wilastri, Nurlisafitri, Nurfahira salti, Hikma amalia, Febi Bebiola, Fitri Ramadhani, Reski padila, dan julia. Terimakasih telah mendukung dan memberikan saya semangat, dan berjuang bersama-sama meraih impian kita dan menjadi penghibur dikala susah.
12. Saudara-saudaraku rekan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat kelas Teknik Sipil kelas D dan Sipil E 2020 yang senantiasa menemani penulis selama menjalankan kuliah dari semester awal hingga akhir.
13. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu secara moral dan material dalam menyelesaikan penulisan proposal ini.
14. Terakhir, terima kasih untuk diri penulis, Nur Nanengsi atas segala kerja keras dan semangatnya sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan tugas akhir skripsi ini, semoga penulis tetap rendah hati, karena ini baru awal dari segalanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal tersebut karena keterbatasan kemampuan penulis, maka dari itu pendapat, saran dan kritik yang membangun senantiasa penulis nantikan demi penyusunan masa yang akan datang. Akhir harapan penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan terutama bagi penulis sendiri sebagai pedoman dan bekal kami melakukan tugas. Aamin.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Majene, Februari 2024

Penyusun

**NUR NANENGI**

**D0120375**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Beton.....	13
2.3 Material penyusun beton .....	16
2.4 Mutu beton.....	33
2.5 Slump test .....	34
2.6 Sifat mekanik beton .....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	47
3.2 Lokasi pengambilan material .....	47
3.3 Jenis Penelitian .....	48

3.4	Metedologi Penelitian dan Sumber Data.....	49
3.5	Analisa Perhitungan.....	77
3.6	Bagan alur/ Flowchart penelitian .....	78
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pengujian Slump Test .....	79
4.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	79
4.3	Hasil Pengujian Porositas dan Daya Serap.....	82
4.4	Hasil Pengujian Korosi Baja Tulangan dengan Metode HCP .....	84
4.5	Hasil Pengujian Migrations Test .....	87
4.6	Pengujian penetration depth.....	88
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Korosi.....	39
Gambar 2.2	Reaksi Anoda, Katoda, Reaksi Oksidasi Dan Hidrasi Pada Tulangan Baja.....	40
Gambar 2.3	Spesimen Benda Uji .....	45
Gambar 3.1	Lokasi penelitian laboratorium terpadu unsulbar .....	47
Gambar 3.2	Pengecekan Alat di Laboratorium .....	49
Gambar 3.3	Agregat kasar.....	50
Gambar 3.4	Pencucian Agregat Kasar.....	50
Gambar 3.5	Agregat Halus.....	50
Gambar 3.6	Pencucian agregat halus .....	51
Gambar 3.7	Semen .....	51
Gambar 3.8	Desain Benda Uji Silinder untuk Uji kuat tekan, porositas dan migration test.....	60
Gambar 3.9	Desain Benda Uji Silinder dan Kubus Untuk Uji korosi.....	60
Gambar 3.10	Alat Pembuatan sampel benda uji .....	60
Gambar 3.11	Proses penimbangan bahan agregat.....	61
Gambar 3.12	Proses Mixing Campuran Benda Uji.....	62
Gambar 3.13	Proses memasukkan campuran kedalam slump test.....	62
Gambar 3.14	Proses Penumbukan Slump Test.....	62
Gambar 3.15	Proses pengangkatan slump test .....	63
Gambar 3.16	Proses Pengukuran Hasil Uji Slump Test.....	63
Gambar 3.17	Proses Pengisian Adukan Beton Kedalam Cetakan.....	63
Gambar 3.18	Proses Pemadatan Beton dengan Vibrator.....	64
Gambar 3.19	Proses pelepasan benda uji dari cetakan.....	64
Gambar 3.20	Proses Perendaman Benda Uji.....	64
Gambar 3.21	Proses Perawatan Benda Uji.....	65
Gambar 3.22	Proses perendaman beton silinder 5 x 10 cm dan kubus 10 x 10 x 23 cm. ....	66
Gambar 3.23	Alat Pengujian Kuat Tekan.....	66

Gambar 3.24	Proses Pengamplasan Permukaan Beton .....	67
Gambar 3.25	Proses Menimbang Benda Uji .....	67
Gambar 3.26	Proses Pengukuran Diameter Benda Uji .....	68
Gambar 3.27	Proses Peletakan Benda Uji di Mesin Test .....	68
Gambar 3.28	Proses Pembebanan Benda Uji .....	68
Gambar 3.29	Alat Pengujian Porositas.....	69
Gambar 3.30	Proses pengujian berat benda uji dalam air .....	69
Gambar 3.31	Proses Menimbang Berat Benda Uji Kondisi SSD .....	70
Gambar 3.32	Proses Mengoven Benda Uji .....	70
Gambar 3.33	Proses menimbang Benda Uji Setelah di oven 24 jam.....	70
Gambar 3.34	Alat Pengujian Korosi .....	71
Gambar 3.35	Proses Pengukuran Korosi.....	72
Gambar 3.36	Alat Pengujian Migration Test.....	72
Gambar 3.37	Bahan Pengujian Migration Test .....	73
Gambar 3.38	Proses pemasangan spesimen .....	74
Gambar 3.39	Proses Pencampuran Nacl dan Naoh.....	74
Gambar 3.40	Proses pemasangan kabel ketiang besi .....	75
Gambar 3.41	Proses pembacaan arus pada multimeter .....	75
Gambar 3.42	Alat Pengujian Penetration Depth.....	76
Gambar 3.43	Cairan $AgNO_3$ .....	76
Gambar 3.44	Proses pembelahan spesimen .....	77
Gambar 3.45	Proses pengukuran.....	77
Gambar 3.46	Flowchart.....	78
Gambar 4.1	Grafik nilai kuat tekan beton umur 7, 28 dan 91 hari.....	81
Gambar 4.2	Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 7, 28 dan 91 hari.....	81
Gambar 4.3	Grafik perbandingan nilai porositas umur 28 dan 91 hari.....	82
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai daya serap beton umur 28 dan 91 hari.....	83
Gambar 4.6	Grafik Laju korosi metode hcp silinder 5x10 cm.....	84
Gambar 4.7	Laju potensi korosi pada umur 133 hari .....	85
Gambar 4.8	Grafik Laju korosi benda uji kubus umur 7 sampai	

133 hari.....	86
Gambar 4.8 Grafik Laju potensi korosi pada umur 133 hari.....	87
Gambar 4.9 Grafik Hasil pengujian migration test .....	88
Gambar 4.10 Grafik Hasil penetration depth .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Peneliti terdahulu dengan penelitian penulis.....	7
Tabel 2.2	Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus .....	20
Tabel 2.3	Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar .....	26
Tabel 2.4	Konversi dari mutu beton Fc ke K .....	33
Tabel 2.5	Slump test beton .....	34
Tabel 2.6	Nilai Rongga Beton Non Pasir .....	37
Tabel 2.7	Kriteria Korosi berdasarkan metode Half-cell potensial.....	43
Tabel 2.8	Tipikal Rentang Kondisi Tertentu Dari Nilai Potensial.....	44
Tabel 2.9	Penetration ion klorida berdasarkan muatan yang dilalui .....	45
Tabel 3.1	Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pasir sungai) .....	52
Tabel 3.2	Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pantai).....	53
Tabel 3.3	Rekapitulasi pengujian karakteristik agregat kasar .....	55
Tabel 3.4	Standar pengujian karakteristik semen.....	56
Tabel 3.5	Hasil Perhitungan Proporsi Campuran Beton 1 m <sup>3</sup> .....	57
Tabel 3.6	Rencana Proporsi Campuran Kebutuhan 30 Liter.....	58
Tabel 3.7	Rencana Benda Uji.....	58
Tabel 3.8	Detail Benda Uji.....	59
Tabel 4.1	Hasil uji slump untuk semua benda uji .....	79
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari .....	79
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari .....	80
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 91 Hari .....	80
Tabel 4.5	Data Hasil Pengujian porositas 28 Hari .....	82
Tabel 4.6	Data Hasil Pengujian porositas 91 Hari .....	82
Tabel 4.7	Data Hasil Pengujian daya serap Umur 28 Hari .....	83
Tabel 4.8	Data Hasil Pengujian daya serap Umur 91 Hari .....	83
Tabel 4.9	Hasil pengujian Migration test .....	87
Tabel 4.10	Hasil pengujian penetration depth.....	89

**ABSTRAK**

**KEKUATAN DAN DURABILITAS BAJA TULANGAN PADA  
BETON MENGGUNAKAN PASIR PANTAI**

NUR NANENGI

Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Barat (2023)

[nranengsihsuarman4329@gmail.com](mailto:nranengsihsuarman4329@gmail.com)

Kemajuan teknologi yang berkembang pesat dibidang konstruksi seperti penggunaan beton. Perkembangan konstruksi di Indonesia dimana hampir 70% bahan bangunannya adalah beton. Kemajuan teknologi tersebut menuntut penggunaan bahan maupun agregat alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kekuatan dan durabilitas baja tulangan pada beton menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus. Untuk menilai perilaku mekanik beton pada umur 7,28, dan 91 hari maka metode dalam penelitian ini, digunakan metode pengujian kuat tekan beton, porositas dan daya serap menggunakan benda uji silinder 10 x 20 cm dan migration test serta penetrations depth dengan menggunakan benda uji silinder ukuran 5 x 10 cm. Uji korosi menggunakan uji benda silinder ukuran 5 x 10 cm dan kubus ukuran 10 x 10 x23 cm.

Dalam penelitian ini didapatkan hasil nilai kuat tekan beton variasi N-RS-T lebih besar dibandingkan variasi N-SS-T, nilai porositas dan daya serap menggunakan pasir pantai lebih rendah dibandingkan menggunakan pasir sungai, dan pada pengujian korosi kedua sampel tersebut mengalami 90% korosi pada benda uji kubus sedangkan benda uji silinder masih tergolong korosi tingkat rendah. Untuk Nilai migration pada 2 variasi tersebut termasuk dalam kategori penetrasi ion klorida tinggi (high) dimana dalam kategori ini nilai column yang dilalui > 4000.

Kata Kunci: Beton, pasir pantai, pasir sungai, migration test, korosi

**ABSTRACT**

**STRENGTH AND DURABILITY OF REINFORCING STEEL IN  
CONCRETE USING BEACH SAND**

NUR NANENGS

Civil Engineering, University of West Sulawesi (2023)

[nranengsihsuarman4329@gmail.com](mailto:nranengsihsuarman4329@gmail.com)

Technological advances are developing rapidly in the construction sector, such as the use of concrete. Construction developments in Indonesia where almost 70% of building materials are concrete. These technological advances require the use of alternative materials and aggregates that are sustainable and environmentally friendly.

This research was conducted to determine the comparison of strength and durability of reinforcing steel in concrete using beach sand as fine aggregate. To assess the mechanical behavior of concrete at the ages of 7, 28 and 91 days, the method used in this research is to test concrete compressive strength, porosity and absorption using a 10 x 20 cm cylindrical specimen and migration test and penetrations depth using a cylindrical specimen. size 5 x 10 cm. The corrosion test uses cylindrical objects measuring 5 x 10 cm and cubes measuring 10 x 10 x 23 cm.

In this research, the results showed that the compressive strength value of concrete from the N-RS-T variation was greater than the N-SS-T variation, the porosity and absorption values using beach sand were lower than using river sand, and in the corrosion test both samples experienced 90% corrosion on the cube test object while the cylinder test object is still classified as low level corrosion. The migration values in these 2 variations are included in the high chloride ion penetration category, where in this category the value of the column passed is > 4000.

Keywords: Concrete, beach sand, river sand, migration test, corrosion

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang berkembang pesat dibidang konstruksi seperti penggunaan beton, dimana di Indonesia hampir 70% bahan bangunannya adalah beton. Beton merupakan salah satu bahan bangunan konstruksi yang sering digunakan pada bangunan gedung, jembatan, jalan, bendungan, dan lain-lain. Kemajuan teknologi beton menuntut penggunaan bahan maupun agregat alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pasir merupakan bahan utama dalam pembuatan beton, dimana pasir sungai paling banyak digunakan. Disetiap tahunnya pasir sungai digunakan dalam jumlah yang besar untuk pembuatan beton. Pasir sungai yang menjadi bahan bangunan utama dalam konstruksi mengakibatkan produksi beton mengkonsumsi beberapa miliar ton pasir sungai setiap tahun yang menyebabkan ekosistem akan terganggu dan produksi pasir sungai menjadi terbatas.

Indonesia merupakan negara maritim dengan lebih dari 3.700 pulau dan 80.000 km pantai, dengan karakteristik kualitas pasir laut yang berbeda-beda. Pasir pantai umumnya memiliki butiran halus, bulat, gradasi teratur dan mengandung kadar garam yang kurang baik untuk beton. Tetapi beberapa peneliti sebelumnya berpendapat bahwa pasir pantai bisa menjadi alternatif pengganti pasir sungai dalam pembuatan beton. Limeira dkk (2012) menyimpulkan bahwa nilai *slump* mortar menurun dengan meningkatnya kandungan pasir laut. Sebagian besar peneliti telah sepakat bahwa usia dini kuat tekan beton pasir laut sedikit lebih tinggi dari beton biasa (Ramaswamy dkk., 1982).

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini dicoba dilakukan eksperimen untuk pemanfaatan pasir pantai pada pembuatan beton normal. Dengan digunakannya pasir pantai sebagai agregat halus, diharapkan dapat

menghasilkan beton dengan keunggulan seperti kekuatan tinggi, dapat menyesuaikan kebutuhan, dan ramah terhadap lingkungan.

Berangkat dari latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “*kekuatan dan durabilitas baja tulangan pada beton menggunakan pasir pantai*”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan memanfaatkan pasir pantai sebagai agregat halus dalam pembuatan beton normal dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pasir pantai terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 28, dan 91 hari ?
2. Bagaimana nilai porositas beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus?
3. Bagaimana nilai daya serap beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus?
4. Bagaimana tingkat korosi baja tulangan pada beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus?
5. Bagaimana nilai migration test beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus?
6. Bagaimana nilai penetration depth beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka diperoleh tujuan penelitian berikut:

1. Untuk mengetahui hasil kuat tekan beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus.
2. Untuk mengetahui nilai porositas dan daya serap beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus.
3. Untuk mengetahui tingkat korosi baja tulangan pada beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus.

4. Untuk mengetahui nilai migration test beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus.
5. Untuk mengetahui nilai penetration depth beton normal menggunakan pasir pantai sebagai agregat halus.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tambahan tentang pemanfaatan pasir pantai sebagai agregat halus campuran beton dan memberikan informasi terhadap pemerhati dan pelaku dunia konstruksi bahwa pasir pantai memungkinkan sebagai pengganti pasir sungai.

#### **1.5 Batasan masalah**

Agar permasalahan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka ruang lingkup pembahasannya dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
2. Material agregat kasar (kerikil) ukuran 0,5 – 1 cm dan 1-2 cm yang digunakan berasal dari Cv. Anato Grup yang berada di Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.
3. Material pasir pantai yang digunakan berasal dari kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene yang lolos saringan nomor 4.
4. Material pasir sungai yang digunakan berasal dari Desa Segerang Kecamatan Mapilli yang lolos saringan nomor 4.
5. Semen yang digunakan adalah semen portland komposit (PCC) tipe 1.
6. Air yang digunakan adalah air tawar yang berasal dari sumur bor Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
7. Benda uji silinder dengan diameter 10cm dengan tinggi 20cm dan silinder diameter 5 cm dengan tinggi 10cm.
8. Benda uji kubus dengan 3 tulangan diameter 10 mm dengan tinggi 10 cm, lebar 10 cm, dan panjang 23 cm.

9. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28, dan 91 hari berdasarkan SNI 1974-2011.
10. Pengujian korosi baja tulangan beton dengan metode half-Cell Potensial berdasarkan ASTM C867-15 setiap pekan.
11. Pengujian migration test dilakukan pada umur 91 hari berdasarkan ASTM-C-1202.
12. Pengujian porositas dilakukan pada umur 28 hari berdasarkan ASTM C (642-97).

## **1.6 Sistematika penulisan**

Dalam proses penyusunan proposal penelitian sistematika penulisan sangat dibutuhkan agar penulis dapat menyelesaikan dengan terstruktur. Dalam penulisan proposal penelitian ini ada beberapa tahap sistematika penulisan diantaranya sebagai berikut:

### **BAB I LATAR BELAKANG**

Pada bab ini berisikan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini memuat Tinjauan Pustaka serta teori-teori tentang bahan, metode penelitian dan segala yang bersangkutan dengan penelitian.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini memuat tentang tahap-tahap penelitian seperti studi kepustakaan, tempat dan waktu penelitian serta bahan-bahan yang digunakan juga berisi tentang bagan alur penelitian dan metode penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas hasil dan data – data Penelitian.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian dan disertai dengan saran – saran yang diusulkan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dan memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil peneliti terdahulu sebagai berikut:

1. “Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut dan Air Laut dalam Campuran Beton” (Dahlia patah, Amry Dasar, & Amalia Nurdin.,2022). Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Penggunaan pasir laut yang dicuci dengan menggunakan batu gamping 50% dan dicampur air laut dapat meningkatkan kekuatan hingga 50% dari beton normal dan resiko korosi sama dengan beton normal. Lebih lanjut, penggunaan air laut menurunkan nilai kuat tekan beton pada banyak kondisi, namun dapat meningkatkan kuat tekan pada penggunaan batu gamping 100%.
2. “Karakteristik Beton Dengan Campuran Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus” (Muhammad Rifki, Sri Haryanti Prasetiowati, Edy Maduqi, & Agustina Setyaningrum., 2023) Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Beton dengan pasir pantai yang telah dicuci (benda uji benda uji B) mengalami penurunan sebesar 9,4% dari beton dengan pasir sungai (benda uji A). Untuk beton dengan menggunakan pasir pantai yang dicuci dengan menambah komposisi pasir pantai dan mengurangi komposisi kerikil (benda uji C) menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton sebesar 27,4% dari beton dengan dengan pasir sungai (benda uji A) dan 19,86% dari benda

uji B dengan pasir pantai yang dicuci sehingga penambahan komposisi pasir pantai tanpa dicuci akan menurunkan nilai kuat tekannya. Pada beton dengan pasir laut tidak dicuci dengan penambahan komposisi pasir pantai (benda uji D) nilai kekuatan beton mengalami penurunan sebesar 23,18% terhadap benda Uji A (beton normal dengan pasir sungai) dan 15,25 % terhadap benda uji B (beton dengan pasir laut yang dicuci).

3. “Pemanfaatan Pasir Pantai Sinjai Sebagai Bahan Material Alternatif Campuran Beton” (Mukti Maruddin, Baso Risaldi Asdin, & Muh. Thaariq Kemal Harsid., 2019) ) Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Hasil nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh menggunakan material pasir pantai yang sebelum dicuci sebesar 16,306 Mpa dan sesudah dicuci sebesar 24,236 Mpa dan Hasil nilai kuat tarik rata-rata yang diperoleh oleh beton yang menggunakan material pasir pantai yang belum dicuci sebesar 1,98 Mpa dan sudah dicuci sebesar 2,12 Mpa. Dari hasil uji kuat tekan beton serta kuat tarik belah beton diatas, didapatkan bahwa setelah dicuci mengalami kenaikan dibandingkan sebelum dicuci.
4. “Analisa Penggunaan Pasir Pantai Natal, Dengan Campuran Cangkang Buah Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Normal” ( Heprianto Sianturi, Mhd. Rahman Rambe, & Fithriyah Patriotika). Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa penurunan nilai kuat tekan beton yang menggunakan pasir pantai Natal dengan campuran cangkang buah sawit dari nilai kuat tekan beton normal yang menjadi pembandingnya. Kuat tekan rata-rata beton pada umur 7, 14, 28 hari dengan menggunakan pasir pantai dengan campuran cangkang buah sawit secara berturut turut sebesar 2,97 MPa, 4,87 MPa, 6,66 MPa. Kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 7, 14, 28 hari secara berturut turut sebesar 9,20 MPa, 7,56 MPa, 12,14 MPa untuk beton berbentuk silinder. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapati hasil penurunan mutu beton maka untuk beton yang menggunakan pasir

pantai dengan campuran cangkang buah sawit agar dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kegunaan cangkang buah sawit tersebut dan mempertimbangkan resiko penurunan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.

5. “Pengaruh Penggantian Agregat Halus Dengan Pasir Pantai dan Penambahan Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton” (Setiyadi, Ashal Abdussalam & MT., 2019). Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Proporsi campuran optimal dari penelitian ini terdapat pada komposisi pasir pantai yang sudah dicuci dan fly ash limbah batubara 7,5% terhadap berat semen dengan nilai kuat tekan sebesar 19,126 N/mm<sup>2</sup>. Terjadi penurunan dari nilai kuat tekan beton normal yaitu 23,235 N/mm<sup>2</sup>, nilai kuat tekan tersebut juga belum lolos dari nilai kuat tekan rencana sebesar 20,75 N/mm<sup>2</sup>. Beton hasil penelitian kali ini bisa digunakan/diterapkan untuk menekan biaya konstruksi yang lebih rendah khusus untuk daerah sekitar pantai tapi tidak di anjurkan untuk beton bertulang karena dimungkinkan bisa merusak/membuat korosi besi beton yang ada di dalam beton tersebut karena dimungkinkan masih adanya kandungan garam pada pasir pantai.

Tabel 2.1 Peneliti terdahulu dengan penelitian penulis

NO	Penelitian Terdahulu	Kesimpulan Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1	(Dahlia patah, Amry Dasar, & Amalia Nurdin.,2022) Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping,	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Penggunaan pasir laut yang dicuci dengan menggunakan batu gamping 50% dan dicampur air laut dapat meningkatkan	Pasir pantai sebagai Agregat halus	Jenis agregat kasar dan air yang digunakan

	Pasir Laut dan Air Laut dalam Campuran Beton.	kekuatan hingga 50% dari beton normal dan resiko korosi sama dengan beton normal. Lebih lanjut, penggunaan air laut menurunkan nilai kuat tekan beton pada banyak kondisi, namun dapat meningkatkan kuat tekan pada penggunaan batu gamping 100%.		
2	(Muhammad Rifki, Sri Haryanti Prasetiowati, Edy Maduqi, & Agustina Setyaningrum., 2023). Karakteristik Beton Dengan Campuran Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Beton dengan pasir pantai yang telah dicuci (benda uji benda uji B) mengalami penurunan sebesar 9,4% dari beton dengan pasir sungai (benda uji A). Untuk beton dengan menggunakan pasir pantai yang dicuci dengan menambah komposisi pasir	Pasir pantai sebagai Agregat halus	Penggunaan agregat sebelum dicampur tidak dicuci

		<p>pantai dan mengurangi komposisi kerikil (benda uji C) menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton sebesar 27,4% dari beton dengan pasir sungai (benda uji A) dan 19,86% dari benda uji B dengan pasir pantai yang dicuci sehingga penambahan komposisi pasir pantai tanpa dicuci akan menurunkan nilai kuat tekannya. Pada beton dengan pasir laut tidak dicuci dengan penambahan komposisi pasir pantai (benda uji D) nilai kekuatan beton mengalami penurunan sebesar 23,18% terhadap benda Uji A (beton normal dengan pasir sungai) dan 15,25 % terhadap benda uji B (beton dengan</p>		
--	--	---	--	--

		pasir laut yang dicuci).		
3	(Mukti Maruddin, Baso Risaldi Asdin, & Muh. Thaariq Kemal Harsid., 2019) Pemanfaatan Pasir Pantai Sinjai Sebagai Bahan Material Alternatif Campuran Beton	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Hasil nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh menggunakan material pasir pantai yang sebelum dicuci sebesar 16,306 Mpa dan sesudah dicuci sebesar 24,236 Mpa dan Hasil nilai kuat tarik rata-rata yang diperoleh oleh beton yang menggunakan material pasir pantai yang belum dicuci sebesar 1,98 Mpa dan sudah dicuci sebesar 2,12 Mpa. Dari hasil uji kuat tekan beton serta kuat tarik belah beton diatas, didapatkan bahwa setelah dicuci mengalami kenaikan dibandingkan sebelum dicuci.	Pasir pantai sebagai Agregat halus	Melakukan pengujian kuat belah dan materialnya yg digunakan tidak dicuci dan di cuci.

4	(Heprianto Sianturi, Mhd. Rahman Rambe, & Fithriyah Patriotika., 2022) Analisa Penggunaan Pasir Pantai Natal, Dengan Campuran Cangkang Buah Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Normal	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa penurunan nilai kuat tekan beton yang menggunakan pasir pantai Natal dengan campuran cangkang buah sawit dari nilai kuat tekan beton normal yang menjadi pembandingnya. Kuat tekan rata-rata beton pada umur 7, 14, 28 hari dengan menggunakan pasir pantai dengan campuran cangkang buah sawit secara berturut turut sebesar 2,97 MPa, 4,87 MPa, 6,66 MPa. Kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 7, 14, 28 hari secara berturut turut sebesar 9,20 MPa, 7,56 MPa, 12,14 MPa untuk beton berbentuk silinder. Dari hasil penelitian yang	Pasir pantai sebagai Agregat halus	Jenis agregat yang digunakan yaitu pasir dari pantai natal dan menggunakan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar.
---	--	---	------------------------------------	--

		<p>dilakukan didapati hasil penurunan mutu beton maka untuk beton yang menggunakan pasir pantai dengan campuran cangkang buah sawit agar dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kegunaan cangkang buah sawit tersebut dan mempertimbangkan resiko penurunan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.</p>		
5	<p>(Setiyadi, Ashal Abdussalam &amp;MT., 2019) Pengaruh Penggantian Agregat Halus Dengan Pasir Pantai dan Penambahan Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara Terhadap</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan bahwa Proporsi campuran optimal dari penelitian ini terdapat pada komposisi pasir pantai yang sudah dicuci dan fly ash limbah batubara 7,5% terhadap berat semen dengan nilai kuat tekan sebesar</p>	<p>Pasir pantai sebagai Agregat halus</p>	<p>Penambahan fly ash sebagai pengganti semen, terhadap mutu kuat beton.</p>

	<p>Mutu Kuat Tekan Beton</p>	<p>19,126 N/mm<sup>2</sup>. Terjadi penurunan dari nilai kuat tekan beton normal yaitu 23,235 N/mm<sup>2</sup>, nilai kuat tekan tersebut juga belum lolos dari nilai kuat tekan rencana sebesar 20,75 N/mm<sup>2</sup>. Beton hasil penelitian kali ini bisa digunakan/diterapkan untuk menekan biaya konstruksi yang lebih rendah khusus untuk daerah sekitar pantai tapi tidak di anjurkan untuk beton bertulang karena dimungkinkan bisa merusak/membuat korosi besi beton yang ada di dalam beton tersebut karena dimungkinkan masih adanya kandungan garam pada pasir pantai.</p>		
--	------------------------------	---	--	--

## 2.2 Beton

### 2.2.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran dari semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah yang membentuk massa padat.

Menurut SNI 03-2847-2002, definisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu (Pamungkas, 2012). Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air. Campuran ini kemudian akan membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang suatu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu. Agar memudahkan dalam pengerjaan (*workability*), durabilitas serta waktu pengerasan. Secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang-kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton (Asroni, 2010). Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material membentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposit tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan (Neroth & Vollenschaar, 2011). Beton merupakan jenis konstruksi yang banyak

digunakan, material penyusun yang mudah di dapat dialam menjadi salah satu faktor utama dipilihnya konstruksi beton.

### 2.2.2 Jenis- jenis Beton

Adapun jenis-jenis beton sebagai berikut:

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa perekat dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton di mana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850%<sup>3</sup> kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural (Iii & Beton, 2013).

### 2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut Mulyono, kelebihan dan kekurangan beton adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan
  - a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
  - b. Mampu memikul beban yang berat.
  - c. Tahan terhadap temperature yang tinggi.
  - d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

## 2. Kekurangan

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c. Berat.
- d. Daya pantul suara besar (Neroth & Vollenschaar, 2011).

### 2.2.4 Sifat-sifat beton

#### 1. Beton segar

Kemudahan pengerjaan umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh:

- a. Jumlah air yang dipakai. Makin banyak air, beton makin mudah dikerjakan
- b. Penambahan semen, Semen bertambah, air juga ditambah agar FAS tetap, maka beton makin mudah dikerjakan
- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil
- d. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai
- e. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat

#### 2. Segregasi

kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan:

- a. Campuran yang kurus/kurang semen
- b. Pemakaian air yang terlalu banyak
- c. Semakin besar butir kerikil yang dipakai
- d. Campuran yang kasar, atau kurang agregat halus
- e. Tinggi jatuh pengecoran beton yang terlalu tinggi

#### 3. Bleeding

kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini dapat dikurangi dengan cara:

- a. Memberi lebih banyak semen dalam campuran
- b. Menggunakan air sesedikit mungkin
- c. Menggunakan pasir lebih banyak

- d Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran

## 2.3 Material Penyusun Beton

### 2.3.1 Semen Portland

Semen portland (*portland cement*) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2015).

Tjokrodinuljo (1996) mengemukakan semen portland berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

#### 1. Tipe-tipe semen

Menurut ASTM C150, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

- a. Tipe I: *Ordinary Portland cement* (OPC), semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
- b. Tipe II: *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III: *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
- d. Tipe IV: *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.
- e. Tipe V: *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

## 2. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis semen ini berdasarkan ASTM C-188, dimana berat jenis yang disyaratkan oleh ASTM C-188 adalah 3,15 dan kemurnian semen yang disyaratkan ialah 3,0 – 3,2. Namun pada kenyataannya, berat jenis semen yang di produksi berkisar antara 3,05 sampai 3,25. Arasi ini akan mempengaruhi pada proporsi campuran semen dalam campuran, dan apabila pada percobaan tidak diperoleh hasil demikian maka pembakarannya tidak akan sempurna. Pengujian berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan *Le Chateriel flaks* menurut ASTM C-188 dengan prosedur sebagai berikut.

- a. Isi botol *Le Chaleterial* dengan minyak tanah dengan skala botol antara 0– 1
- b. Masukkan botol ke *Le chateriel* yang berisi minyak tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebagai pengukur suhu.
- c. Tambahkan es batu kedalam wadah tersebut. Sehingga suhu air mencapai suhu 4°C.
- d. Pada saat suhu air dengan suhu cairan dalam botol *Le Chateriel* maka selanjutnya baca skala pada botol sebagai pembacaan nilai (V1).
- e. Saring semen Portland dengan menggunakan saringan No. 40, kemudian menimbang sebanyak 64 gram.
- f. Keluarkan botol dari wadah dan memasukkan semen potland sedikit demi sedikit ke dalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol *Le Chateriel*.
- g. Masukkan kembali botol *Le Chateriel* yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.

- h. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol *Le Chateriel*, skala pada botol dibaca sebagai nilai (V2).
- i. Untuk mencari nilai berat jenis semen, digunakan persamaan sebagai berku

$$\text{Berat jenis} = \frac{w}{v_1 - v_2} \times \gamma \text{ air} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

W = Berat benda uji semen portland

V1 = Pembacaan pada botol *Le Chatelier* yang berisi minyak tanah pada suhu 4°C

V2 = Pembacaan pada botol *Le Chatelier* yang berisi minyak tanah dan semen pada suhu 4°C

$\gamma$  air = berat isis air pada suhu 4°C

### 2.3.2 Agregat

Pada beton biasanya terdapat sekitar 70% sampai 80% volume agregat terdapat volume keseluruhan beton, karena itu agregat mempunyai peranan yang penting dalam properties suatu beton. Agregat ini harus bergradiasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat dan variasi dalam perilaku.

Ukuran agregat secara umum dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan ukuran butirannya, yaitu; Batu, jika butirannya lebih dari 40 mm; Kerikil, jika ukuran butirannya antara 5 mm sampai 40 mm; Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Menurut SNI 03-1969-1990 untuk menentukan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) guna menentukan volume agregat harus dalam kondisi SSD. Kondisi SSD ialah keadaan pada agregat dimana tidak terdapat air pada permukaannya, tetapi pada rongganya terisi oleh air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air dalam beton

## 1. Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butir kurang dari 5 mm atau lolos saringan no. 4. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (stone crusher). Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka berulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Menurut PBI, agregat halus harus memenuhi syarat:

- a. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari, hujan dan lain-lain.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton kurang 5%.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Haedar* dengan larutan NaOH3%
- d. Angka kehalusan untuk fine sand antara 2,2 – 3,2
- e. Angka kehalusan untuk fine antara 3,2 – 4,5

Agregat yang butir - butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay (SK SNI T – 15-1991-03). Persyaratan mengenai proporsi agregat dengan gradiasi ideal yang direkomendasikan terdapat dalam ASTM C 33/ 03 “Standar Specification for Concrete Aggregates”.

Tabel 2.2 Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus

<b>Diameter Saringan (mm)</b>	<b>Persen Lolos (%)</b>	<b>Gradasi Ideal (%)</b>
9,5	100	100
4,75	95-100	97,5
2,36	80-100	90
1,18	50-85	67,5
600 $\mu$	25-6	42,5
300 $\mu$	5-30	17,5
150 $\mu$	0-10	5

(Sumber : ASTM C33/3)

2. Pengujian karakteristik agregat halus

a) Analisa saringan

Berdasarkan SK SNI M-08-1989-F dan SNI 03-1968-1990. Prosedur pelaksanaan pengujian gradasi butiran agregat halus (pasir) sebagai berikut.

- 1) Keringkan pasir yang akan diperiksa dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5)$  °C sampai beratnya tetap kemudian diambil sampel sebanyak 1.000 gram.
- 2) Timbang masing – masing saringan dalam keadaan kosong dan bersih.
- 3) Susun saringan secara urut yaitu saringan dengan nomor 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100 dan pan.
- 4) Tuangkan pasir kedalam saringan paling atas. Penyaringan dilakukan dengan menggoyangkan saringan selama 30 menit bila secara manual dan 10 menit bila menggunakan mesin goyang.
- 5) Diamkan kurang lebih selama 5 menit setelah proses penggoyangan selesai, maksudnya membiarkan kesempatan pada debu/pasir sangat halus mengendap.

- 6) Butiran yang tertahan pada masing- masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir pasirnya.
- 7) Catat hasil percobaan saringan dan buat dalam daftar bentuk tabel
- 8) Lakukanlah 2 kali percobaan dengan kehilangan berat max. 1% dari berat semula.

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian gradasi butiran ialah sebagai berikut.

$$\text{Persen berat tertahan} = \frac{\text{berat tertahan per nomor saringan}}{\text{jumlah berat total}} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\text{jumlah } \Sigma \text{persen tertahan}}{100} \dots \dots \dots (2.3)$$

*Catatan: Untuk menghitung nilai MHB tidak perlu memasukkan nilai berat tertahan yang ada pada pan.*

b) Berat jenis dan penyerapan air

Berdasarkan SK SNI 03-1970-1990 prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (pasir) sebagai berikut.

- 1) Timbang pasir seberat 1.200 gram.
- 2) Keringkan pasir dalam tungku dengan suhu sekitar  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- 3) Rendam pasir dalam air selama 24 jam.
- 4) Setelah direndam, buang air perendam dengan hati- hati agar butiran pasir tidak ikut terbang. Keringkan pasir hingga mencapai keadaan kering permukaan (SSD). Untuk mengetahui kondisi SSD tercapai, ambil kerucut kuning tempatkan ditempat yang rata kemudian masukkan sampel 1/3 bagian, gunakan penumbuk untuk memadatkan tumbuk 8 kali dan lapisan ketiga 7 kali.
- 5) Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram, ambil 2 sampel.
- 6) Timbang piknometer dalam keadaan kosong (K).

- 7) Isi piknometer kosong dengan air sampai penuh kemudian timbang (B).
- 8) Masukkan pasir kondisi SSD sebanyak 500 gr tadi kedalam piknometer, lalu tambahkan aquades sampai 90% penuh, kocok selama  $\pm 5$  menit dengan di kocok untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butir-butir pasir. Pengeluaran gelembung udara dapat juga dilakukan dengan memanasi piknometre atau diamkan selama 24 jam untuk mengeluarkan gelembung udara didalamnya.
- 9) Setelah gelembung udara keluar, tambakan air pada miknometer sampai tanda batas penuh 100% agar gelembung udara terbuang, lalu timbang piknomter berisi air dan aquades dengan ketelitian 1 gr (Bt).
- 10) Timbang talang kosong.
- 11) Tuangkan pasir dari piknometer kedalam talang (wadah) tersebut lalu oven selama 24 jam sampai beratnya tetap.
- 12) Keluarkan sampel dari oven dinginkan lalu timbang untuk mendapatkan berat kering (Bk).

Persamaan Analisa perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) sebagai berikut.

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{BK}{B+BK-Bt} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Bulk specific gravity on dry basic} = \frac{BK}{B+SSD-Bt} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD basic} = \frac{SSD}{SSD+B+Bt} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{SSD-BK}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

c) Berat isi/volume

Berdasarkan SK SNI M-10-1989-F, pemeriksaan berat isi agregat halus (pasir) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

### **Kondisi Lepas**

- 1) Ukur volume kontainer (V).
- 2) Timbang container dalam keadaan kosong (W1).
- 3) Isi container dengan pasir sampai penuh.
- 4) Ratakan permukaan container dengan alat Perata.
- 5) Timbang berat container + pasir (W2).

### **Kondisi Padat**

- 1) Ukur volume container
- 2) Timbang berat container dalam keadaan kosong (W1).
- 3) Masukkan pasir kedalam container  $\pm 1/3$  bagian.
- 4) Ulangi prosedur (3) untuk lapis ke 2.
- 5) Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas container lalu tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- 6) Ratakan permukaannya dengan alat Perata
- 7) Timbang berat container + pasir (W2)

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian berat isi/volume adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat volume agregat} = \frac{w2-w1}{v} \dots\dots\dots(2.8)$$

#### d) Kadar lumpur

Berdasarkan: SK SNI S-04-1989-F dan SNI 03-2816-1992 Pemeriksaan kandungan lumpur. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan pengujian kandungan lumpur agregat halus (pasir) sebagai berikut.

- 1) Oven pasir sebanyak 1500 gr selama 24 jam lalu ambil pasir kering tungku seberat 500 gram (W1).
- 2) Setelah ditimbang cuci pasir dengan cara masukkan kedalam saringan No. 200 dan diberi air pencuci secukupnya, sehingga benda uji terendam, lalu guncang-guncangkan saringan tadi selama  $\pm 5$  menit.

- 3) Ulangi langkah kedua (2) hingga air pencuci tampak jernih / tidak keruh.
- 4) Masukkan butir pasir yang tersisa di ayakan No 200 ke dalam talang dan keringkan kembali dalam oven selama 24 jam dengan suhu 100°C.
- 5) Timbangan pasir kering tungku kembali (W2).
- 6) Selisih berat semula dengan berat setelah dicuci adalah bagian yang hilang (kandungan lumpur atau butiran < 50 micron).
- 7) Percobaan dilakukan 2 kali, kemudian dihitung hasil rata-ratanya.

Persamaan analisa perhitungan untuk pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir), sebagai berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.9)$$

e) Kadar air

Prosedur pengujian kadar air agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut.

- 1) Timbang talang kosong yang digunakan.
- 2) Pasir ditimbang untuk memperoleh berat basah (kondisi lapangan/C).
- 3) Setelah itu dioven selama 24 jam dengan suhu 100°C.
- 4) Setelah ± 24 jam, dinginkan lalu timbang kembali untuk mendapatkan berat kering (D).
- 5) Persamaan analisa perhitungan kadar air agregat halus (pasir), sebagai berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{C - D}{C} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

3. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari

industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002).

Menurut 15 PBI 1971, kerikil untuk campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desentregasi alam dan batuan-batuan. Pada umumnya dimaksudkan dengan agregat kasar butir dari 5 mm sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butir-butir ini hanya dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari butir agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lempung lebih dari 1% (ditentukan dengan berat kering) yang artinya dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lempung melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- e. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana rudeloff dengan benda uji 20 Ton dimana dipenuhi syarat-syarat berikut.
  - Tidak terjadi pembubukan sampai fraktis 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
  - Tidak terjadi penumbukan sampai fraksi 19-20 mm lebih dari 22% berat.

- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan ditentukan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.
- Sisa diatas ayakan 31,5 mm 0% berat
  - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90% dan 98% berat
  - Selisih sisa – sisa komulatif di atas ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- g. Besar butir harus maksimum tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plot atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau bekas-bekas tulangan, penyimpanan dari batangan ini diizinkan apabila menurut penilaian pengawasan ahli cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

Agregat kasar (kerikil, batu pecah atau pecahan dari blast furnace) menurut ASTM C 33-03, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. standar pengujian lainnya mengacu pada standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

Tabel 2.3 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter saringan(mm)	Persen lolos(%)	Gradasi ideal(%)
23,00	100	100
19,00	90-100	95
12,50	-	-
9,50	20-55	37,5
4,75	0-10	5
2,36	0-5	2,5

(sumber: ASTM C33/3)

Jenis agregat kasar yang umum adalah :

- a. Batu pecah alami, batu pecah ini di dapat dari cadas batu pecah alami yang gazali
  - b. Kerikil alami, kerikil alami didapat dari proses alami yaitu dari pengikisan tapi maupun dasar sungai oleh yang mengalir.
  - c. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
  - d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnitit dan limonit
4. Pengujian karakteristik agregat kasar
- a) Analisa Saringan

Berdasarkan: SK SNI M-08-1989-F dan SNI 03-1968-1990 prosedur pengujian analisa saringan agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan agregat kasar sebanyak 3.000 gr dengan sistem perempat/quartering, lalu oven selama 24 jam.
- 2) Timbang agregat kering oven sebanyak 1.500 gr. Kondisi suhu kamar.
- 3) Timbang saringan satu persatu dalam keadaan kosong dan bersih.
- 4) Susun saringan secara urut menurut ukuran saringan. Mulai dari pan, lubang saringan terkecil dan seterusnya sampai lubang saringan terbesar (diameter lubang terbesar diatas).
- 5) Masukkan benda uji pada saringan teratas kemudian tutup. Pasang saringan pada mesin saringan lalu hidupkan motor pengguncang selama 15 menit. Penyaring dilakukan dengan menggoyangkan saringan selama 30 menit bila secara manual.

- 6) Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap.
- 7) Buka saringan tersebut, kemudian timbang masing-masing saringan beserta isinya dengan timbangan ketelitian 1 gram. Catat hasil percobaan saringan dalam daftar tabel.
- 8) Lakukan dua kali percobaan untuk menentukan nilai rata-rata.
- 9) Hitung berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.
- 10) Hitung persentase berat tertahan, kumulatifkan untuk mendapatkan faktor kehalusan.
- 11) Hitung persentase lolos.
- 12) Plot ke dalam grafik hasil perhitungan lolos.

Persamaan analisa perhitungan untuk pengujian gradasi butiran adalah sebagai berikut.

$$\text{Persen Berat Tertahan} = \frac{\text{berat tertahan per nomor saringan}}{\text{jumlah berat total}} \times 100\% \dots (2.11)$$

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\text{jumlah berat tertahan kumulatif} + 300}{\text{jumlah berat tertahan}} \dots (2.12)$$

b) Berat jenis dan penyerapannya

Berdasarkan SNI 03-1969-1990, prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut.

- 1) Ambil kerikil sebanyak 5000 gram. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang ada pada butir-butir kerikil.
- 2) Masukkan 2 sampel kerikil masing 2.500 gram kedalam tungku pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- 3) Dinginkan benda uji sampai temperatur kamar ( $\pm 3$  jam), kemudian timbang (Bk).

- 4) Rendam benda uji sampai dalam temperatur kamar selama  $\pm 24$  jam.
- 5) Ambil kedua benda uji dari dalam air, kemudian lap dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka.
- 6) Timbang benda uji jenuh kering muka ( $B_j$ ).
- 7) Masukkan kerikil kedalam keranjang kawat, kemudian guncangkan agar udara yang tersekap keluar. Lalu timbang dalam air ( $B_a$ ).

Adapun persamaan analisa perhitungan dari pengujian berat jenis dan penyerapan air adalah sebagai berikut.

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{BK}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Bulk specific gravity on dry basic} = \frac{BK}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD basic} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{B_j - BK}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.16)$$

$$B_j \text{ SSD Rata-rata} = \frac{B_{j1} + B_{j2}}{2} \dots\dots\dots(2.17)$$

c) Berat/isi volume

Berdasarkan SNI 03-4804-1998 Metode pengujian berat isi/volume dan rongga udara dalam agregat kasar (kerikil), sebagai berikut.

**Kondisi Lepas**

Adapun prosedur pemeriksaan berat isi/volume pada kondisi lepas dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Ukur volume kontainer.
- 2) Timbang kontainer dalam keadaan kosong.
- 3) Isi kontainer dengan kerikil sampai penuh.
- 4) Ratakan permukaan kontainer dengan alat perata.
- 5) Timbang berat kontainer + kerikil.

**Kondisi Padat**

Adapun prosedur pemeriksaan berat isi/volume pada kondisi padat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Ukur volume kontainer.
- 2) Timbang berat kontainer.
- 3) Masukkan agregat kasar (kerikil) ke dalam kontainer  $\pm 1/3$  bagian lalu tumbuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
- 4) Ulangi prosedur (3) untuk lapis ke-2.
- 5) Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas kontainer lalu tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- 6) Ratakan permukaannya dengan alat perata.
- 7) Timbang berat kontainer + kerikil.

Analisa perhitungan untuk pengujian berat isi/volume adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat volume agregat} = \frac{w_2 - w_1}{v} \dots\dots\dots(2.18)$$

d) Kadar lumpur

Berdasarkan: SK SNI S-04-1989-F, prosedur percobaan untuk pengujian kadar lumpur agregat kasar (kerikil), sebagai berikut.

- 1) Ambil 2 sampel dan timbang agregat kasar masing-masing sebanyak 500 gram, lalu oven selama 24 jam.
- 2) Setelah 24 jam, timbang kembali kerikil tersebut untuk mendapatkan berat kering (A).
- 3) Setelah ditimbang cuci kerikil sampai bersih dengan rendam dalam ember. Lalu guncang-guncangkan selama  $\pm 5$  menit.
- 4) Ulangi prosedur 3 diatas, hingga air pencuci menjadi jernih (lumpur hilang).
- 5) Setelah bersih, keringkan permukaan agregat kasar dengan kain lap.
- 6) Oven agregat kasar dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.

- 7) Setelah dioven, timbang kembali kerikil tersebut untuk mendapatkan berat kering (B).
- 8) Hitung persentase kadar lumpurnya.

Untuk analisa perhitungan kadar lumpur, digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.19)$$

e) Kadar air

Berdasarkan: SNI 03-1971 1990, Prosedur percobaan pengujian kadar air agregat kasar (kerikil), sebagai berikut.

- 1) Timbang berat talang kosong (A).
- 2) Masukkan kerikil dalam talang dan menimbang berat basah, kondisi lapangan (B), lalu hitung berat benda uji (C)
- 3) Masukkan kerikil berikut kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 105°C sampai berat tetap.
- 4) Setelah ± 24 jam, dinginkan lalu timbang berat talang dan kerikil kering (D).

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{C - D}{C} \times 100\% \dots\dots\dots(2.20)$$

### 2.3.3 Air

Tjokrodinuljo (1996) mengemukakan fungsi air dalam beton yaitu sebagai bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat, serta air berfungsi sebagai bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*).

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982), antara lain :

1. Air harus bersih.

2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO<sub>3</sub>.
5. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

#### 2.3.4 Pasir pantai

Pasir pantai merupakan pasir yang diambil dari tepian pantai atau tepian laut, yang butirannya halus dan bulat akibat adanya gesekan sesama. Pasir ini merupakan pasir yang sangat jelek karena memiliki kandungan banyak garam. Garam ini menyerap air dari udara dan mengakibatkan pasir terlalu agak basah karena itu biasa mengakibatkan penambahan volume bila dipakai pada bangunan. Pasir ini dapat digunakan sebagai campuran pembuatan beton dengan perilaku yang khusus, yaitu dengan cara mencuci pasir terlebih dahulu supaya kandungan garamnya berkurang atau menghilang. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kualitas yang sangat besar

Pasir laut dapat digunakan sebagai komponen struktural beton jika:

1. Karakteristik butiran pasir laut distabilisasi, sehingga kandungan dan garam-garamnya direduksi
2. Pasir laut memiliki karakteristik butiran yang kasar serta gradasi yang bervariasi. Memiliki kandungan garam-garaman yang tidak melebihi batas yang ditentukan.

#### 2.3.5 Natrium Klorida

Natrium klorida atau NaCl atau dikenal juga dengan sodium klorida adalah senyawa yang memiliki komposisi gabungan dari Na (

Natrium) dan Cl ( Klorida) dan membentuk serbuk kristal putih atau biasa diformulasikan sebagai cairan .

Menurut Trethewey (1991), salah satu factor yang mempengaruhi korosi dalam lingkungan air adalah keberadaan elektrolit. Sedangkan senyawa elektrolit kuat diantaranya NaCl.

## 2.4 Mutu beton

Beton merupakan campuran antara semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan campuran yang membentuk massa padat. Beton merupakan bagian dari konstruksi yang dibuat dari campuran beberapa material sehingga mutunya akan banyak tergantung kondisi material pembentuk ataupun pada proses pembuatannya. Untuk mutu beton  $f_c$  beton ke K dapat di lihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Konversi dari mutu beton  $F_c$  ke K

Mutu beton K (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu beton $f_c$ Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
K-100	$F_c$ 8,3
K-150	$F_c$ 12,35
K-175	$F_c$ 14,53
K-200	$F_c$ 16,60
K-225	$F_c$ 18,68
K-250	$F_c$ 20,75
K-275	$F_c$ 22,83
K-300	$F_c$ 24,90
K-350	$F_c$ 29,05
K-400	$F_c$ 33,20
K-450	$F_c$ 37,35
K-500	$F_c$ 41,50

Sumber: DPUPKP

## 2.5 Slump test

*Slump test* adalah suatu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Uji *slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams. Semakin rendah nilai *slump test* menandakan semakin kental kondisi beton segar yang ada dilapangan, sebaliknya semakin besar nilai *slump test* berarti semakin cair kondisi beton segar dilapangan. Percobaan *slump test* dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm serta tingginya 30 cm, dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang 60 cm. (Mulyono, 2004).

Menurut Peraturan Beton Industri (PBI) 1971, nilai slump untuk pekerjaan beton dapat dilihat berdasarkan pada table 2.5.

Tabel 2.5 Slump Test Beton

Jenis pekerjaan	Maksimum (mm)	Minimum (mm)
Dinding pemahan dan pondasi	76,2	22,4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	76,2	25,4
Balok dan dinding beton	101,6	25,4
Kolom Structural	101,6	25,4
Perkerasan dan slab	76,2	25,4
Beton massal	50,8	25,4

(Sumber: SNI 1972:2008)

## 2.6 Sifat Mekanik Beton

Dalam pembuatan beton harus diperhatikan sifat-sifat dari beton yang diinginkan. Sifat utama dan umum adalah sifat-sifat mekanis beton yang berpengaruh dalam perhitungan dalam pembuatan campuran beton. Sifat-sifat mekanis beton dapat dikaitkan dengan dua kondisi, yakni beton segar dan beton yang sudah mengeras.

Perilaku mekanik beton keras tidak jauh dari kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik

ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang detail, kedap air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang (Duralibitas beton)

### 2.6.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton didapatkan dengan menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder atau kubus sampai hancur. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan-tegangan tekan tertinggi ( $f_c'$ ) yang dicapai pada umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan yang dinyatakan dengan satuan  $N/mm^2$  atau MPa. Selain dipengaruhi oleh perbandingan air-semen dan kepadatannya (Angga Josua Sumajouw, 2018), kuat hancur dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu :

1. Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
2. Tekstur permukaan agregat
3. Efisiensi dan perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi apabila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.
4. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu.
5. Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah seiring dengan umurnya.

Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima oleh benda uji, maka nilai kuat beton structural dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana :

$f_c'$  : Kuat tekan beton dengan uji silinder (MPa)

P : Gaya tekan aksial (N)

A : Luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Kuat tekan beton secara umum relative lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, oleh karena itu untuk mninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja dan tidak meninjau kuat tarik (Tjokrodimuljo, 2007).

### 2.6.2 Porositas

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu factor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini akan memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton (Nugroho, 2010).

Menurut (Nugroho, 2010) tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai persentase pori-pori beton terhadap volume beton. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai porositas adalah sebagai berikut.

$$\text{Porositas} = \frac{B-C}{B-A} 100\% \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

A = Berat sampel dalam air (gram)

B = Berat sampel kondisi permukaan jenuh (gram)

C = Berat sampel kering oven (gram)

Menurut (Tisnoyuwono, 2014) beton non pasir mempunyai nilai rongga minimum dan maksimum yang dapat dilihat pada table 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Rongga Beton Non Pasir

Nilai Rongga	Persentase(%)
Minimum	12
Maksimum	25

Sumber: Trisnoyuwono, 2014

### 2.6.3 Daya serap air

Penyerapan air (*water absorption*) adalah banyak air yang dapat diserap oleh beton yang sudah jadi dari kondisi kering kondisi lapangan hingga kondisi basah pada saat perendaman 28 hari. Beton pada umumnya yang baik yaitu beton dengan penyerapan air yang sangat minim sehingga tidak mempengaruhi beton yang sudah jadi. Pengujian Daya Serap Air Ditentukan nilai dari pengukuran daya serap air dengan menggunakan persamaan

$$\text{daya serap air} = \frac{B-C}{c} \times 100\% \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

- B = Berat SSD/ kering permukaan (setelah di rendap dalam air)
- C = berat kering setelah di oven

### 2.6.4 Korosi Baja Tulangan

#### 1. Definisi Korosi

Menurut Broomfield (2007), mendefinisikan korosi sebagai kerusakan atau penurunan mutu suatu material logam yang diakibatkan reaksi antara lingkungan dan material itu sendiri. Akibat munculnya karatan menyebabkan lapisan pasif yang ada pada permukaan hilang sehingga menjadi anoda dari reaksi korosi baja tulangan. Reaksi anoda ini melepaskan elektron yang menyebabkan gas O<sub>2</sub> dan air di atas permukaan baja yang masih tertutup lapisan pasif dan akan bereaksi sehingga pada bagian ini menjadi katoda. Dari ion anoda dan katoda yang telah terbentuk dan bergabung sehingga membentuk senyawa hasil korosi yaitu Fe(OH)<sub>2</sub>, jika konsentrasi O<sub>2</sub> tinggi maka akan membentuk Fe(OH)<sub>3</sub>.

Jika ditinjau berdasarkan proses reaksi elektro kimia (*electrochemical process*), korosi terdiri dari 4 komponen yaitu:

a. Anode

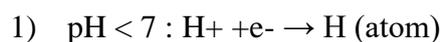
Anode biasanya terkorosi dengan cara melepaskan elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi hasil korosi yang tidak larut. Reaksi pada anode dapat ditulis dengan persamaan:



Dimana z adalah valensi logam dengan umur  $z = 1, 2$  atau  $3$

b. Cathode (Katode)

Katode terkadang tidak mengalami korosi, walaupun mungkin mengalami kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katode berupa reaksi reduksi dan reaksi terganggu pada pH larutan yang bersangkutan, seperti:



c. Elektrolit

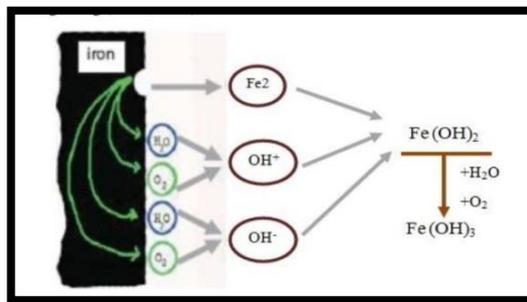
Elektrolit merupakan larutan yang memiliki sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, basa dan larutan garam. Larutan elektrolit memiliki peranan penting dalam mempengaruhi korosi baja karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

d. Anoda dan Katoda

Anoda dan katoda harus terhubung secara listrik, antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak perlu dilakukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama.

## 2. Mekanisme Korosi

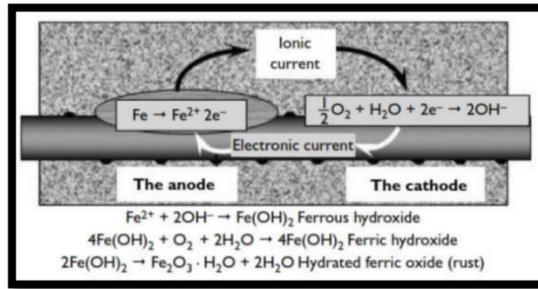
Korosi merupakan penurunan mutu suatu material yang disebabkan oleh reaksi antara lingkungan dan material itu sendiri. Secara umum mekanisme korosi yang terjadi pada suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan berfungsi sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah melepas  $H_2$  dan reaksi  $O_2$ , akibat ion  $H^+$  dan  $H_2O$  yang tereduksi. Reaksi ini akan terjadi dipermukaan logam yang menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulang-ulang. (Muchlisin Riadi, 2019)



Gambar 2.1 Mekanisme Korosi

(Sumber: Muchlisin Riadi, 2019)

Ketika karatan mulai timbul pada baja maka disaat itulah lapisan pasif pada baja tulangan akan hilang. Atom besi akan terionisasi menjadi ion besi ( $Fe^{2+}$ ) yang larut dalam larutan air disekitar baja. Electron disimpan pada permukaan baja dan potensial listrik meningkat. Reaksi-reaksi yang terjadi pada tulangan saat terjadinya proses korosi merupakan reaksi anoda dan katoda. Reaksi anoda dan katoda saat proses korosi terjadi pada baja tulangan dapat diilustrasikan pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Reaksi Anoda, Katoda, Reaksi Oksidasi Dan Hidrasi Pada Tulangan Baja

(Sumber: Broomfield, 2007)

### 3. Faktor-Faktor Penyebab Korosi

Secara umum proses korosi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain:

#### a. Suhu

Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibat laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan semakin cepat, begitu juga sebaliknya. (Fogler, 1992).

#### b. Kecepatan Alir Fluida Atau Kecepatan Pengadukan

Laju korosi akan cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontar antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan semakin banyak yang lepas sehingga logam akan semakin mengalami korosi.

#### c. Konsentrasi Bahan Korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam akan sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada dalam larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sehingga larutan yang bersifat basa

dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda. (Djaprie, 1995).

d. Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab, sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi. (Djaprie, 1995).

e. Waktu Kontak

Aksi inhibitor diharapkan bisa membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor yaitu untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktu maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan. (Uhlig, 1958).

4. Metode pengujian korosi pada beton bertulang

Untuk mendeteksi korosi tulangan beton digunakan metode Half-cell potensial, uji Half-cell potensial adalah satu-satunya Teknik pemantauan korosi yang distandarisasi dalam ASTM C876-15. Metode uji standar untuk potensi korosi baja penguat tanpa pelapis pada beton ini digunakan untuk menentukan kemungkinan korosi pada tulangan terhadap struktur beton bertulang.

Berdasarkan ASTM C876-91 1999, metode pengujian ini mencakup estimasi kelistrikan potensi setengah sel dari baja tulangan yang tidak dilapisi dilapangan dan beton di laboratorium, dengan tujuan mengaktifkan aktivitas korosi pada baja tulangan.

Metode pengujian ini dibatasi oleh sirkuit listrik dan sebuah permukaan beton yang telah mengering sebatas elektrik yang permukaannya dilapisi dengan bahan dielektrik tidak dilapisi sehingga menyediakasn sirkuit listrik yang diterima. Nilai yang dinyatakan dalam satuan inchi-pound harus diperhatikan sebagai stndar pengujian.

Secara umum, pengujian Half-sell potensial berdasarkan ASTM C878-1999, dilakukan sebagai berikut:

a. Half-Cell

- 1) Setengah sel tembaga-tembaga sulfat terdiri dari tabung atau wadah kaku yang terdiri dari bahan dielektrik yang tidak reaktif dengan tembaga atau tembaga sulfat, sumbat kayu atau plastic berpori yang tetap basah oleh aksi kapiler, dan batang tembaga yang dibenamkan di dalam tabung dalam larutan jenuh tembaga sulfat.
- 2) Tabung atau wadah kaku harus memiliki diameter dalam tidak kurang dari 1 inci (25mm); diameter sumbat berpori tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{2}$  inci (13 mm); diameternya jumlah batang tembaga yang dibenamkan tidak kurang dari  $\frac{1}{4}$  inci ( 6mm), dan panjangnya tidak boleh kurang dari 2 inci ( 50 mm)

b. Elektrical Junction Device

Sambungan listrik perangkat harus digunakan untuk menyediakan jembatan cairan dengan hambatan listrik rendah antara permukaan beton dan setengah sel. Ini harus terdiri dari spons atau beberapa spons yang telah dibasahi sebelumnya dengan larutan kontak resistensi listrik rendah.

c. Elektrical contact solution

Untuk standarisasi potensi penurunan melalui bagian beton dari sirkuit,larutan kontak listrik .

d. Voltmeter

Voltmeter harus berkapasitas sedang, dioperasikan dengan baterai dan memiliki akurasi akhir skala 63% pada rentang voltase yang digunakan. impedans masukan harus tidak kurang dari 10 mv bila dioperasikan pada skala penuh 100 mV. Pembagian pada skala yang digunakan harus sedemikian rupa sehingga beda potensial 0,02 V atau kurang dapat dibaca tanpa interpolasi.

e. Elektrical Lead Wires

Kabel timah listrik harus berukuran sedemikian sehingga tahanan listriknya selama yang digunakan tidak akan mengganggu rangkaian listrik lebih 0,0001 v. ini telah dicapai dengan menggunakan tidak lebih dari total 500 linear ft ( 150 m) of at least AWG No. 24 wire. The Wire shall be suitably coated with direct burial type of insulation. kriteria korosi berdasarkan metode half-cell potensial mapping ditunjukkan pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Kriteria Korosi Berdasarkan Metode Half- cell potential

No	Cu/cuSO4	Ag/AgCl	Standar Hidrogen	Calomel	Kondisi korosi
1	> 200mV	>106 mV	>126mV	>126mV	Rendah (10% resiko korosi)
2	-200 to-350mV	-106 to-256 mV	+116 to-34 mV	126 to-276 mV	Resiko korosi menengah
3.	<-350mV	<-256 mV	<-34 mV	<-276 mV	Tinggi (<90% resiko korosi)
4	<-500 mV	<-406 mV	<-184 mV	-426 mV	Tingkat korosi sangat tinggi

Sumber: ASTMc976-99

Hasil pembacaan berupa beda potensial (mV), semakin tinggi beda potensial maka semakin tinggi indikasi korosi didalam beton. Selain melihat indikasi korosi yang terjadi, nilai potensial juga

menjadi acuan dalam menentukan kering tidaknya beton tersebut. Tabel 2.8 yang menjelaskan tipikal rentan kondisi tertentu dari nilai potensial berdasarkan RILEM TA6054

Tabel 2.8 Tipikal Rentang Kondisi Tertentu Dari Nilai Potensial

<b>Keadaan</b>	<b>Nilai potensial ( mV/CSE'</b>
Lebam,beton bebas klorida	-200 hingga+ 100
Basah, beton terkontaminasi klorida	-600 hingga -400
Beton jenuh air tanpa oksigen	-1000 hingga-900
Lebam, beton berkarbonasi	-400 hingga +100
Kering ,beton terkarbonasi	0 hingga+200
Betin kering	0 hingga+200

Sumber: RILEM TA6054,2003

#### 2.6.5 Migration Test

Metode pengujian ini mencakup penentuan konduktansi listrik beton untuk memberikan indikasi cepat mengenai ketahanannya terhadap penetrasi ion klorida. Metode pengujian ini dapat diterapkan pada jenis beton dimana korelasi telah ditetapkan antara prosedur pengujian ini dan prosedur penggenangan klorida jangka panjang.

Metode pengujian ini terdiri dari pemantauan jumlah arus listrik yang melewati irisan inti atau silinder berdiameter nominal 100 mm setebal 50 mm selama periode 6 jam. Beda potensial sebesar 60 V dc dipertahankan pada ujung-ujung benda uji, salah satunya direndam dalam larutan natrium klorida, yang lainnya dalam larutan natrium hidroksida. Total muatan yang dilewatkan, dalam coulomb, ditemukan berhubungan dengan ketahanan spesimen terhadap penetrasi ion klorida.

Metode pengujian ini cocok untuk evaluasi bahan dan proporsi bahan untuk tujuan desain serta penelitian dan pengembangan. Umur sampel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian, tergantung pada jenis beton dan prosedur perawatannya. Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi semua masalah keselamatan, jika

ada, yang terkait dengan penggunaannya. Pengguna standar ini bertanggung jawab untuk menetapkan praktik keselamatan dan kesehatan yang sesuai dan menentukan penerapan batasan peraturan sebelum digunakan. Kebanyakan beton, jika dirawat dengan baik, menjadi semakin berkurang permeabilitasnya seiring berjalannya waktu. adapun persyaratan penetrabilitas ion klorida berdasarkan muatan yang dilalui dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 penetration ion klorida berdasarkan muatan yang dilalui

<b>coulomn</b>	<b>Penetration ion klorida</b>
>4000	tinggi
2000-4000	Sedang
1000-2000	Rendah
100-1000	Sangat rendah
<100	Dapat diabaikan

Sumber: ASTM-C-1202

Prosedur metode pengujian ini untuk mengukur ketahanan beton terhadap penetrasi ion klorida tidak memiliki bias karena nilai resistansi ini hanya dapat ditentukan melalui metode pengujian.



Gambar 2.3 Spesimen Benda Uji

Sumber: ASTM-C-1202

#### 2.6.6 Penetration Depth (ASTM C-1585)

Permasalahan korosi yang disebabkan oleh penetrasi klorida menjadi salah satu mekanisme utama yang signifikan pada kerusakan beton bertulang. Penetrasi ion klorida pada lapisan pelindung beton hingga mencapai permukaan tulangan baja akan merusak lapisan pasif dan mempercepat terjadinya korosi, yang pada akhirnya akan mengurangi durabilitas beton bertulang. Beton yang terkontak zat

agresif dari lingkungan akan mengalami deteriorisasi secara fisik maupun kimia. Secara umum, beton dengan tingkat porositas dan permeabilitas rendah memiliki resistensi yang lebih baik terhadap penetrasi zat-zat perusak. Selain itu, konsentrasi dan jenis zat agresif juga berpengaruh terhadap laju penetrasi .

Analisis *colorimetric* merupakan metode yang banyak digunakan secara luas untuk mengkarakterisasikan kandungan klorida di dalam material berbasis semen. Peneliti menggunakan larutan  $AgNO_3$  atau larutan  $AgNO_3 + K_2CrO_4$  untuk mempelajari penetrasi klorida pada material berbasis semen. Reaksi ion perak dan ion klorida dalam larutan pori membentuk warna putih  $AgCl$  pada daerah yang terkontaminasi klorida, sedangkan pada daerah yang tidak terkontaminasi klorida, kombinasi ion perak dan ion hidroksida akan membentuk  $AgOH$  yang tidak stabil, dan selanjutnya menghasilkan warna coklat  $Ag_2O$ . Batas warna antara putih dan coklat dapat digunakan untuk menentukan kedalaman penetrasi klorida. Meskipun demikian, analisis warna tidak dapat mengkarakterisasi secara kuantitatif distribusi kandungan klorida dan kedalaman penetrasi dipengaruhi oleh konsentrasi  $AgNO_3$ .

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama  $\pm$  3 bulan (91 hari), dimulai pada Bulan Oktober 2023 sampai dengan bulan Desember 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat. Lokasi penelitian berdasarkan Google earth dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Laboratorium Terpadu Unsulbar

*(Sumber: google Earth, 2023)*

#### **3.2 Lokasi Pengambilan Material**

Peneliti menentukan material yang akan digunakan dan lokasi pengambilan material.

##### **1. Agregat Halus**

Agregat halus (pasir) pantai diambil dari Pantai Pesuloang Kecamatan Pamboang Kabupaten Majene, Sulawesi Barat dan pasir sungai diambil dari Sungai Mapilli, Kecamatan Luyo, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat.

##### **2. Agregat Kasar**

Agregat kasar (kerikil) di datangkan dari Cv. Anato Grup yang berada di kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan.

##### **3. Semen**

Semen yang akan digunakan yaitu semen PCC Type 1 yang di datangkan dari Toko Bangunan yang ada disekitar Daerah Majene.

#### 4. Air

Air yang digunakan pada proses penelitian menggunakan air tawar yang berasal dari sumur bor Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.

### 3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah uji eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dan mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) serta literatur- literatur yang berkaitan.

### 3.4 Metodologi Penelitian dan Sumber Data

Metode penelitian untuk mengadakan kegiatan percobaan yang mendapatkan hasil. Pelaksanaan Penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat, adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

#### 3.4.1 Studi Kepustakaan

Studi pustaka adalah metode untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang terjadi dalam objek penelitian, studi pustaka dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih spesifik terkait dengan penelitian yang dilakukan (Kekuatan dan Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Pasir Pantai). Informasi diperoleh dari buku, jurnal, artikel, maupun penelitian sebelumnya serta literatur lain yang berkaitan dengan penelitian. Hal yang paling penting untuk menjadi acuan dasar adalah spesifikasi dan didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti SNI 2847-2019 “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung”, SNI 03-2847-2002 “Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung”, SNI 7656:2012 “Tata cara Pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa”, SNI 2493-2011 “Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium”, ASTM C-33 “Standar Spesifikasi Agregat Untuk Beton”, Wang Chu Kia dan

Salman Charles (1986) “Disain betong bertulang” Jakarta: Erlangga,  
Courland, Robert, 2011 “Concrete planet: the strange and fascinating  
story of the world’s most common man-made material”. Data-data yang  
diperoleh dijadikan landasan atau dasar dalam melakukan penelitian.

### 3.4.2 Pra Penelitian

Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan beberapa langkah sebelum  
melakukan penelitian diantaranya:

#### 1. Pengecekan Alat Kelengkapan di Laboratorium

Sebelum melakukan penelitian perlu melakukan persiapan  
alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Alat-alat yang  
digunakan dalam penelitian ini merupakan alat yang tersedia di  
Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat.



Gambar 3.2 Pengecekan Alat di Laboratorium

#### 2. Pengambilan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan di Laboratorium Terpadu  
Universitas Sulawesi Barat diambil dari Cv. Anato Grup. Dalam  
penelitian ini membutuhkan agregat kasar batu ukuran 0,5-1 cm  
dan 1-2 cm. Oleh karena itu untuk menyiapkan kebutuhan batu split  
tersebut, maka dilakukan penyaringan agregat kasar berdasarkan  
beberapa tahap dari SK SNI M-08-1989-F dan SNI 03-1968-1990



Gambar 3.3 Agregat kasar

Sebelum melakukan pembuatan benda uji, agregat kasar dicuci untuk mengurangi kadar lumpur dan zat organik yang terkandung dalam agregat kasar. Setelah itu agregat kasar yang telah dicuci dikeringkan didalam Laboratorium sesuai dengan suhu ruang dan kondisi kerikil yang akan digunakan dalam keadaan SSD.



Gambar 3.4 Pencucian Agregat Kasar

### 3. Pengambilan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat yang berasal dari Pantai Pamboang dan Sungai Mapilli. Agregat halus yang digunakan lolos saringan No.4 sesuai dengan SNI 2847-2019.



Gambar 3.5 Agregat Halus

Sebelum melakukan pembuatan benda uji agregat halus pasir sungai dicuci untuk mengurangi kadar lumpur dan zat organik yang terkandung dalam pasir sedangkan pasir pantai dicuci untuk mengurangi kadar garam yang tergantung dalam pasir setelah itu agregat halus yang telah dicuci dikeringkan didalam Laboratorium sesuai dengan suhu ruang. Dan kondisi pasir yang akan digunakan dalam keadaan SSD.



Gambar 3.6 Pencucian Agregat Halus

#### 4. Semen PCC

Semen yang digunakan yaitu semen PCC type 1 yang didatangkan dari toko bangunan yang ada di sekitar majene.



Gambar 3.7 Semen

#### 3.4.3 Pengujian karakteristik

Sebelum melakukan pembuatan Mix Design, akan dilakukan pengujian karakteristik agregat dan semen, berdasarkan standar – standarnya.

##### 1. Agregat halus

##### a. Pasir Sungai

Data uji karakteristik Agregat halus pasir sungai dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pasir sungai)

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2%-1%	3,65	Tidak memenuhi
2.	Kadar air	0,5%-2%	0,53 %	memenuhi
3.	Berat volume			

	a. kondisi lepas	1,6-1,9 kg/L	1,6 kg/L	memenuhi
	b. kondisi padat	1,6-1,9 kg/L	1,7 kg/L	memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6-3,2	2,11	memenuhi
5.	Modulus kehalusan	1,6-3,2	1,76	memenuhi

Dari Tabel 3.1 pengujian karakteristik agregat halus pasir sungai meliputi kadar lumpur, kadar air, berat volume, berat jenis kering permukaan dan Analisa saringan ( modulus kehalusan).

Kadar lumpur yang diperoleh dari pengujian ini adalah 3,65 % tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan. Untuk menciptakan mutu beton yang baik (kuat tekan yang tinggi) maka bahan penyusun beton harus memenuhi syarat teknis tersebut.

Syarat kadar air agregat halus berdasarkan SNI 03-1971-2011 yaitu bernilai antara 0,5%-2 % dari tabel hasil pengujian kadar air diperoleh nilai sebesar 0,53 % sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Dari hasil pengujian ini didapatkan berat volume untuk kondisi lepas sebesar 1,6 kg/liter dan untuk kondisi padat 1,7 kg/liter. Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan standar acuan SNI 03- 1970- 1990. Dari hasil pengujian berat jenis kering permukaan didapatkan nilai sebesar 2,11 sehingga memenuhi syarat teknis yang ditentukan.

Modulus kehalusan didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan No.100 dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,6-1,32 (SNI 03-1750-1990) dengan hasil pengujian

yang diperoleh dari tabel 3.1 adalah 1,76 sehingga memenuhi syarat teknis yang diperlukan.

b. Pasir pantai

Data uji karakteristik Agregat halus pasir sungai dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pantai)

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2%-1%	2,37%	Tidak memenuhi
2.	Kadar air	0,5%-2%	0,52%	memenuhi
3.	Berat volume			
	a. kondisi lepas	1,4-1,9 kg/l	1,40 kg/l	memenuhi
	b. kondisi padat	1,4-1,9 kg/l	1,47 kg/l	memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6-3,2	2,22	memenuhi
5.	Modulus kehalusan	1,6-3,2	2,07%	memenuhi

Dari Tabel 3.2 pengujian karakteristik agregat halus pasir pantai meliputi kadar lumpur, kadar air, berat volume, berat jenis kering permukaan dan Analisa saringan (modulus kehalusan).

Kadar lumpur yang diperoleh dari pengujian ini adalah 2,37 % tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan. Untuk menciptakan mutu beton yang baik (kuat tekan yang tinggi) maka bahan penyusun beton harus memenuhi syarat teknis tersebut.

Syarat kadar air agregat halus berdasarkan SNI 03-1971-2011 yaitu bernilai antara 0,5%-2 % dari tabel hasil pengujian

kadar air diperoleh nilai sebesar 0,52 % sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Dari hasil pengujian ini didapatkan berat volume untuk kondisi lepas sebesar 1,40 kg/liter dan untuk kondisi padat 1,47 kg/liter. Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan standar acuan SNI 03- 1970- 1990. Dari hasil pengujian berat jenis kering permukaan didapatkan nilai sebesar 2,22 sehingga memenuhi syarat teknis yang ditentukan.

Modulus kehalusan didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan No.100 dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,6-1,32 (SNI 03-1750-1990) dengan hasil pengujian yang diperoleh dari tabel 3.2 adalah 2,07 % sehingga memenuhi syarat teknis yang diperlukan.

## 2. Agregat kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rekapitulasi pengujian karakteristik agregat kasar

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2-1%	2,2%	Tidak terpenuhi
2.	Kadar air	0,2-5%	0,01%	Tidak terpenuhi
3.	Berat volume			
	a. kondisi lepas	1,4-1,9 kg/L	1,6 kg/L	memenuhi
	b. kondisi padat	1,4-1,9 kg/L	1,8 kg/L	memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6-3,2 kg/L	3,32 kg/L	memenuhi
5.	Modulus kehalusan	5,5- 8,5%	2,50 kg/L	memenuhi

Dari Tabel 3.3 pengujian karakteristik agregat kasar meliputi kadar lumpur, kadar air, berat volume, berat jenis dan Analisa saringan (modulus kehalusan).

Kadar lumpur yang diperoleh dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar sebesar 2,2 % sehingga berdasarkan SK SNI S-04-1989-F tidak memenuhi syarat teknik dengan interval 0,2% -1 %. Untuk menciptakan mutu beton yang baik (kuat tekan yang tinggi) maka bahan penyusun beton harus memenuhi syarat teknis sehingga dalam penelitian ini mesti lebih bersih lagi dalam mencuci agregat kasar ( kerikil anato)

Syarat kadar air agregat kasar merupakan perbandingan antara banyaknya air yang terkandung dalam agregat kasar. Pemeriksaan kadar air dilakukan pada saat agregat kasar dalam *Saturated Surface Dry (SSD)*. Kadar air dari agregat kasar yang diperoleh pada pengujian ini sebesar 0,01 dimana tidak memenuhi syarat uji kadar air agregat. Sehingga, pada saat proses pembuatan beton, agregat kasar harus dalam kondiaai *Saturated Surface Dry (SSD)*.

Berat isi rata-rata agregat kasar diperoleh sebesar untuk berat volume kondisi lepas sebesar 1,6 kg/ liter dan untuk kondisi padat sebesar 1,8 kg/ liter. Sesuai dengan berat volume yang didapatkan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Pengujian berat jenis agregat kasar menggunakan acuan SNI 03-1970-1990. Dari hasil pengujian yang didapatkan dari tabel 3.2 adalah 3,2 kg/L. Menurut SK SNI t- 15-1990-03, agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalag agregat normal, dimana berat jenis SSD agregat normal adalah 1,6-3,2 kg/L sehingga memenuhi syarat teknis.

Modulus kehalusan didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas ayakan No.100 dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,6-1,32 (SNI 03-1750-1990) dengan hasil pengujian yang diperoleh dari tabel 3.2 adalah 2,50 kg/L sehingga memenuhi syarat teknis yang diperlukan.

### 3. Semen Portland (PCC tipe I)

Untuk standar pengujian karakteristik semen dilakukan di Laboratorium Sipil Terpadu Universitas Sulawesi Barat dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Standar Pengujian karakteristik Semen *Portland*

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Semen <i>Portland</i>	3,0-3,2	3,15	memenuhi

Dari Tabel 3.4 pengujian karakteristik semen Portland, dengan hasil pengujian berat jenis yang diperoleh 3,15 kg/L dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

#### 3.4.4 Mix Design

Adapun perhitungan campuran beton dalam 1 variasi yaitu:

##### 1. Berat jenis material

Semen	: 3.15 kg/cm <sup>3</sup>
Pasir Pantai	: 2.222 kg/cm <sup>3</sup>
Pasir Sungai	: 2,110 kg/cm <sup>3</sup>
Kerikil Anato	: 3,326 kg/cm <sup>3</sup>

##### 2. Volume kebutuhan campuran

- a. volume silinder ukuran 10 cm × 20 cm untuk benda uji kuat tekan beton, poristas dan migration test.

$$\begin{aligned} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 5^2 \times 20 \\ &= 1570 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

- b. Volume silinder ukuran 5 cm x 10 cm untuk benda uji korosi.

$$\begin{aligned} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 2,5^2 \times 10 \\ &= 196,25 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

c. Volume kubus ukuran 10 cm x 10 cm x 23 cm untuk benda uji korosi.

$$= p \times l \times t$$

$$= 10 \times 10 \times 23$$

$$= 2300 \text{ kg/cm}^3$$

Proporsi campuran beton untuk kebutuhan 1 m<sup>3</sup> pada mix design yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Proporsi Campuran Beton 1 m<sup>3</sup>

TIPE	FAS	AIR	SEMEN	PASIR		KERIKIL	
				Pantai	sungai	1-2	0,5-1
N-RS-T	50%	255	510	-	554	533,3	533,33
N-SS-T	50%	255	510	583	-	533,33	533,33

Tabel 3.5 di atas menunjukkan rencana proporsi atau perbandingan material yang akan digunakan dalam massa dan volume yang menjadi dasar penentuan rancangan campuran beton sekali mixing. Adapun proporsi campuran menggunakan FAS 50% untuk kebutuhan 30 liter dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Rencana Proporsi Campuran Kebutuhan 30 Liter

Tipe	FAS	AIR	SEMEN	PASIR		KERIKIL	
				Pantai	sungai	1-2	0,5-1
N-RS-T	50%	7,650	15,300	-	16,612	16	16
N-SS-T	50%	7,650	15,300	17,494	-	16	16

Adapun detail komposisi benda uji yang ditetapkan dalam *Mix Design Concrete* dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Rencana Benda Uji

tipe	Agregat halus		Agregat kasar		semen	FAS
	Pasir pantai	Pasir sungai	Ukuran 0,5-1 cm	Ukuran 1-2 cm		
N-RS-T	0%	100%	50%	50%	100%	50%
N-SS-T	100%	0%	50%	50%	100%	50%

Keterangan:

- N-RS-T adalah beton normal yang menggunakan pasir sungai dengan pencampuran air biasa.

- N-SS-T adalah beton normal yang menggunakan pasir pantai dengan pencampuran air biasa.

Adapun untuk mengetahui salah satu takaran dari tiap bahan yang digunakan pada proporsi campuran 30 liter dengan variasi pasir sungai.

Air : 7.650 kg/L  
 Semen : 510 x 0,03  
           : 15,300 kg/L  
 Pasir mapilli : 553,729 x 0,03  
                   : 16,626 kg/ L  
 Kerikil anato: 1066,66 x 0,03  
                   : 32,000 kg/L

#### 3.4.5 Desain Benda Uji

Dalam penelitian ini benda uji akan dibuat berdasarkan material agregat halus (pasir pantai dan pasir Sungai) dan agregat kasar (kerikil Anato). Adapun detail benda uji yang akan di buat dapat dilihat tabel 3.8.

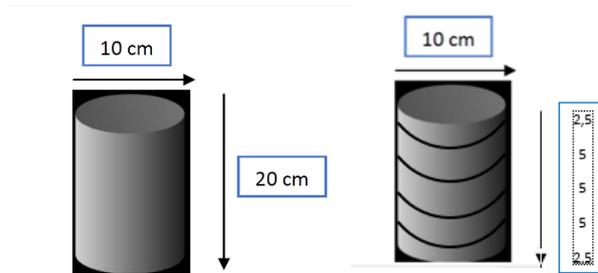
Tabel 3.8 Detail Benda Uji

Type	Kuat Tekan 7, 28, dan 91 hari Silinder 10x20 cm	Porositas dan daya serap, 28 hari Silinder 10x20 cm	Migration test dan penetrations depth, 91 hari Silinder 10x20 cm	Korosi tulangan setiap pekan Silinder 5x10 cm	Korosi tulangan Kubus setiap pekan 10x10x23cm
N-RS-T	9	1	1	1	1
N-SS-T	9	1	1	1	1
Jumlah	18	2	2	2	2

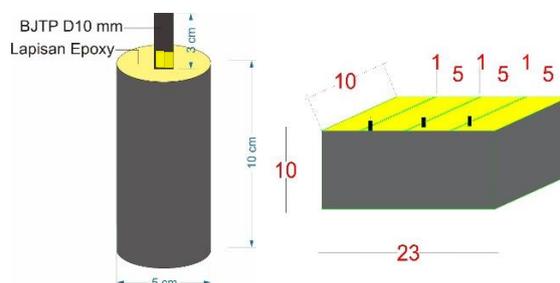
Dari Tabel 3.8 dilihat bahwa benda uji terdiri dari 2 jenis variasi agregat halus ( pasir pantai) dan agregat halus (pasir sungai) dengan variasi 100% : 0% dan 0% : 100% dengan factor air semen (FAS) 50%. Satu variasi dilakukan 5 pengujian yaitu kuat tekan beton, uji porositas, uji migration test dan uji penetration depth, serta uji korosi. Uji kuat

tekan untuk 1 variasi terdiri dari 9 sampel dilakukan pengujian pada umur 7, 28, dan 91 hari jadi jumlah benda uji kuat tekan beton adalah 18 benda uji. Uji porositas untuk 1 variasi terdiri dari 1 sampel dilakukan pada umur 28 hari jadi jumlah benda uji porositas yaitu 2 benda uji. Uji migration test dan penetration depth untuk 1 variasi terdiri dari 1 sampel dilakukan pada umur 91 hari jadi jumlah benda uji migrations test yaitu 2 benda uji. Sedangkan uji korosi untuk 2 variasi terdiri dari 2 sampel jadi jumlah benda uji yang dibikin sebanyak 4 benda uji. jadi total benda uji secara keseluruhan adalah 26 benda uji.

Adapun gambar desain dimensi benda yang akan digunakan pada uji kuat tekan, porositas dan migration test dapat dilihat pada gambar 3.8 Dan desain benda uji silinder dan kubus yang digunakan pada uji korosi dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.8 Desain Benda Uji Silinder untuk Uji kuat tekan, porositas dan migration test



Gambar 3.9 Desain Benda Uji Silinder dan Kubus Untuk Uji korosi

### 3.4.6 Pembuatan benda uji

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat. Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Alat Pembuatan sampel benda uji

Adapun Prosedur pembuatan beton segar sesuai dengan SK SNI 2493: 2011, adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan cetakan beton selinder yang bagian dalamnya sudah diolesi vasilen atau oli.
- b. Pengambilan atau penimbangan bahan agregat, air, dan semen.



Gambar 3.11 Proses penimbangan bahan agregat

- c. Lakukan proses *mixing* sesuai dengan *job mix design* yang telah ditentukan.



Gambar 3.12 Proses Mixing Campuran Benda Uji

- d. Tuang campuran beton kedalam gerobak
- e. Masukkan adukan beton kedalam cetakan slump test dengan pengisian dilakukan tiga lapis, tiap lapisan kurang lebih 1/3 volume.



Gambar 3.13 Proses memasukkan campuran kedalam slump test

- f. Tusuk setiap lapisan 25 kali untuk secara penusukan seperti pada percobaan slump test hingga lapisan terakhir.



Gambar 3.14 Proses Penumbukan Slump Test

- g. Ratakan bagian atas cetakan dengan adukan tadi.

- h. Angkat kerucut slump test secara perlahan.



Gambar 3.15 Proses pengangkatan slump test

- i. Ambil ukuran penurunan uji slump test.



Gambar 3.16 Proses Pengukuran Hasil Uji Slump Test

- j. Masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan pengisian dilakukan dalam tiga lapis, tiap lapisan kurang lebih 1/3 volume.



Gambar 3.17 Proses Pengisian Adukan Beton Kedalam Cetakan

- k. Tusuk setiap lapisan sebanyak 25 kali selinder dan  $\pm 32$  kali untuk kubus menurut ASTM / SII 1991, cara penusukan seperti pada percobaan slump test sehingga lapisan terakhir.
- l. Proses pemadatan campuran beton dicetakan silinder dengan cara pemukulan di samping cetakan silinder dan divibrator.



Gambar 3.18 Proses Pemadatan Beton dengan Vibrator

- m. Ratakan bagian atas cetakan dengan adukan beton tadi dan beri kode penamaan benda uji tanggal pembuatan pada luar cetakan.
- n. Setelah selesai percetakan, tutup benda uji dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan tetapi juga harus dapat menjaga kelembaban sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan.
- o. Lepaskan benda uji setelah 20 jam jangan lebih dari 48 jam setelah percetakan.



Gambar 3.19 Proses pelepasan benda uji dari cetakan

- p. Lakukan perawatan dengan merendam sampel beton tersebut kedalam air sampai dengan umur 7 hari, 28 hari, dan 91 hari.



Gambar 3.20 Proses Perendaman Benda Uji

#### 3.4.7 Perawatan (curing)

Curing adalah metode yang lebih dikenal sebagai perawatan beton pada penelitian ini dilakukan dengan metode perawatan benda mengacu pada SNI 2493-2011. Perawatan benda dilakukan dengan cara direndam dalam bak penampungan sampel beton di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat.

- 1. Perawatan Pada Beton Silinder 10 x 20 cm
  - a. Setelah dilakukan pelepasan cetakan silinder terlebih dahulu memberikan kode pada sampel dengan menggunakan kertas stiker.

- b. Kemudian menyiapkan bak perendam untuk menempatkan sampel yang telah dibuat kemudian di rendam.
- c. Proses perendaman dilakukan selama 7, 28 dan 91 hari.



Gambar 3.21 Proses Perawatan Benda Uji

2. Perawatan pada beton silinder 5 x 10 cm dan kubus 10 x 10 x 23 cm
  - a. Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan langkah selanjutnya melakukan pencampuran lem epoxy untuk menutupi baja tulangan.
  - b. Proses pengeleman dilakukan pada baja yang keluar dari sampel untuk silinder 5 x 10 cm hanya pada bagian atas dan bawah silinder yang di lem epoxy, sedangkan pada kubus 10x10x23 cm dilakukan pengeleman pada bagian atas, bawah, samping, dan belakang, hanya pada bagian pembacaan yang tidak di lem epoxy (selimut 1 cm, 2 cm, dan 3 cm).
  - c. Setelah bagian baja tulangan di lem epoxy kemudian dilapisi dengan cat anti bocor untuk menutupi bagian yang tidak terkena lem epoxy.
  - d. Setelah dilakukan pengeleman tahap selanjutnya menyiapkan bak perendam yang berisi air tawar.
  - e. Kemudian merendam sampel hingga batas atas sampel.



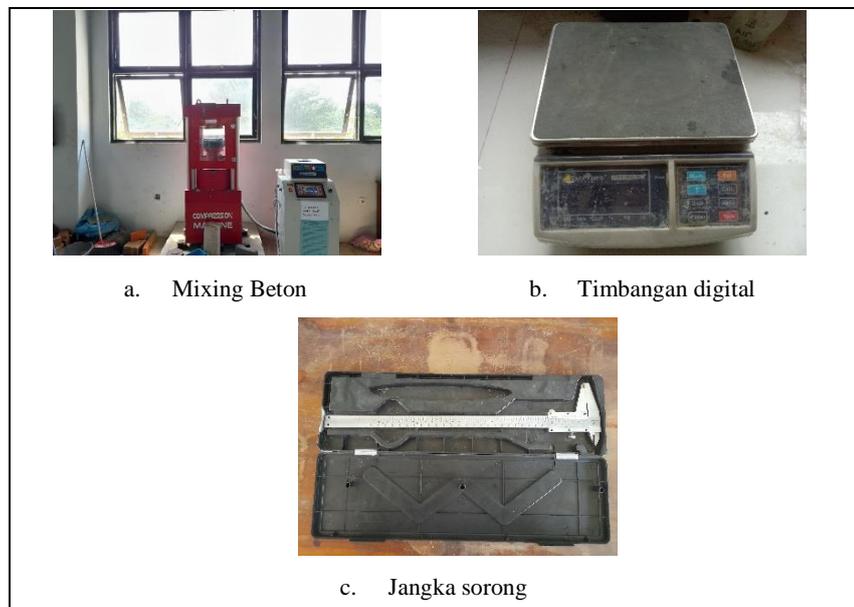
Gambar 3.22 Proses perendaman beton silinder 5 x 10 cm dan kubus 10 x 10 x 23 cm.

- f. Proses perendaman dilakukan selama 3 hari kemudian sampel didiamkan pada suhu ruang selama 1 jam sebelum di lakukan pengujian korosi.
- g. Setelah proses pengujian selesai sampel didiamkan selama 5 hari pada suhu ruang sebelum di rendam kembali untuk pengujian selanjutnya.
- h. Lakukan pengujian diatas untuk mendapatkan nilai korosi setiap pekan.

### 3.4.8 Pengujian Sampel Benda Uji

#### 1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.23 Alat Pengujian Kuat Tekan

Adapun Prosedur pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a. Mengeluarkan benda uji dari tempat perawatan berupa bak perendaman.
- b. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton lakukan pengamplasan permukaan beton.



Gambar 3.24 Proses Pengamplasan Permukaan Beton

- c. Kemudian menimbang benda uji untuk mengetahui beratnya dan Catat hasilnya.



Gambar 3.25 Proses Menimbang Benda Uji

- d. Lakukan Pengukuran diameter atas dan bawa benda uji untuk mendapatkan diameter rata-rata.



Gambar 3.26 Proses Pengukuran Diameter Benda Uji

- e. Letakkan benda uji dari mesin tekan, benda uji diletakkan dalam keadaan berdiri.



Gambar 3.27 Proses Peletakan Benda Uji di Mesin Test

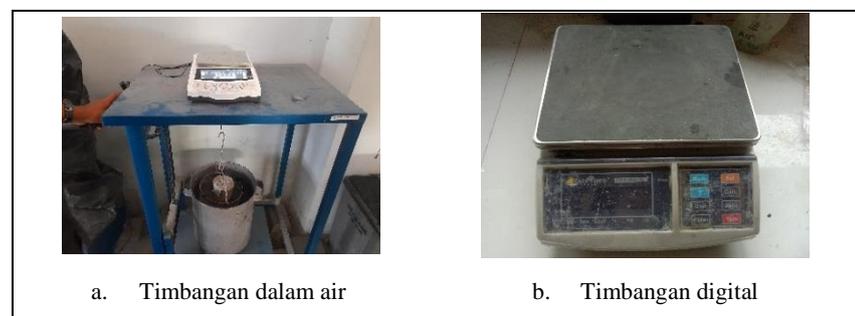
- f. Pengujian dimulai dengan terlebih dahulu menyalakan mesin uji tekan.
- g. Lakukan pembebanan sehingga membuat benda uji hancur



Gambar 3.28 Proses Pembebanan Benda Uji

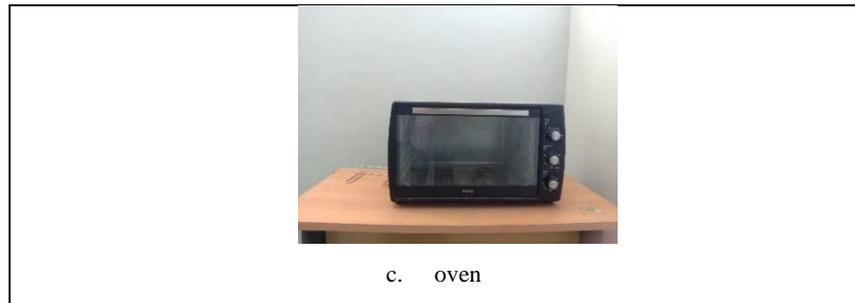
- h. Catat beban maksimum yang telah dihasilkan selama melakukan pengujian pada benda uji.
  - i. Lakukan langkah diatas sesuai dengan banyaknya benda uji yang akan di periksa pembebanan maksimumnya.
2. Pengujian Porositas

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian porositas dapat dilihat pada gambar 3.29.



a. Timbangan dalam air

b. Timbangan digital

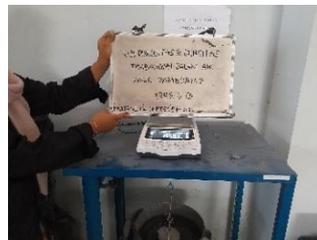


c. oven

Gambar 3.29 Alat Pengujian Porositas

Adapun prosedur pengujian porositas dan daya serap adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian porositas dan daya serap diawali dengan pengujian berat benda uji dalam air dengan menggunakan timbangan yang ada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat.



Gambar 3.30 Proses pengujian berat benda uji dalam air

- b. Dilanjutkan dengan menimbang berat benda uji kondisi permukaan jenuh (SSD).



Gambar 3.31 Proses Menimbang Berat Benda Uji Kondisi SSD

- c. Kemudian dilanjutkan dengan mengoven benda uji selama 24 jam dengan suhu 110°C.



Gambar 3.32 Proses Mengoven Benda Uji

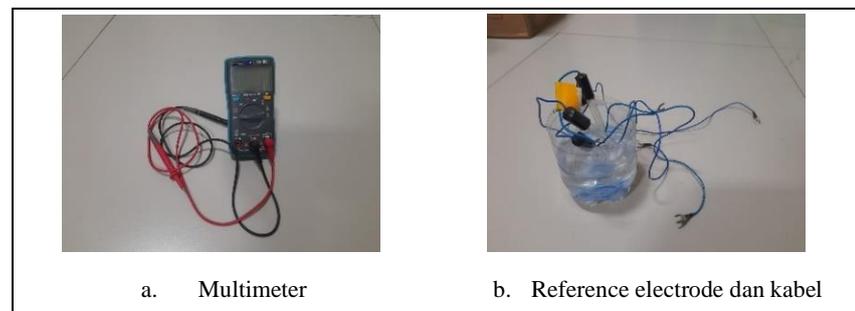
- d. Setelah benda uji dioven selama 24 jam, benda uji dikeluarkan dan didiamkan sampai suhu ruang atau  $\pm 10$  menit kemudian ditimbang beratnya.

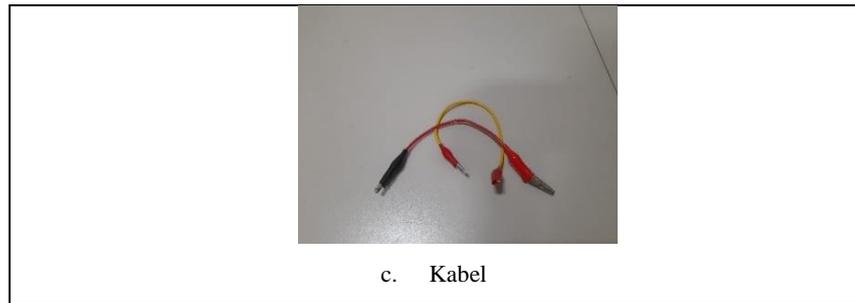


Gambar 3.33 Proses menimbang Benda Uji Setelah di oven 24 jam

- e. Pengumpulan data dari hasil pengujian porositas dan daya serap.
  - f. Kemudian dilakukan analisis data porositas dan daya serap dari hasil pengujian benda uji dengan menggunakan persamaan porositas dan daya serap beton.
3. Pengujian Korosi (*Half-Cell Potential*)

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian korosi dapat dilihat pada gambar 3.34.

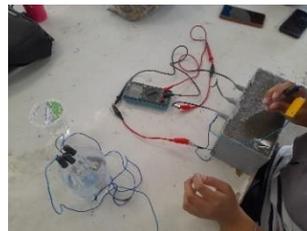




Gambar 3.34 Alat Pengujian Korosi

Adapun Prosedur pengujian korosi baja tulangan adalah sebagai berikut:

- a. Sampel direndam selama 3 hari dengan perendamannya sampai ke permukaan sampel.
- b. Setelah sampel direndam angkat lalu diamkan  $\pm 1$  jam sampai kondisi SSD.
- c. Hubungkan probe yang berisi larutan elektroda dengan Half-cell potensial menggunakan kabel connector.
- d. Hubungkan kabel connector pada kabel tulangan, pastikan alat semuanya terpasang dengan benar.
- e. Pengujian dilakukan dengan mengumpulkan probe yaitu soak pada permukaan beton berdasarkan area marking.
- f. Catat nilai muncul pada multimeter setiap 5-7 detik setelah menekan hold pada multimeter.
- g. Langkah-langkah diatas diulang sesuai banyaknya benda uji yang di periksa.



Gambar 3.35 Proses Pengukuran Korosi

#### 4. Pengujian Migration Test (ASTM-C-1202)

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian migration test dapat dilihat pada gambar 3.36.



Gambar 3.36 Alat Pengujian Migration Test

Adapun bahan yang digunakan pada pengujian migrations test beton dapat dilihat pada gambar 3.37.





Gambar 3.37 Bahan Pengujian Migration Test

Adapun Prosedur pengujian migration test adalah sebagai berikut:

- a. Keluarkan spesimen dari air, oven selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air yg berlebih pada specimen
- b. Pemasangan spesimen



Gambar 3.38 Proses pemasangan spesimen

- c. Sealant sel spesimen dengan viskositas tinggi, tempatkan spesimen pada layar. Oleskan sealant disekitar batas sel spesimen
- d. Tutupi permukaan benda uji yang terbuka dengan bahan kedap seperti karet atau lembaran plastik. Tempatkan sumbat karet di lubang pengisian sel untuk membatasi pergerakan kelembapan.
- e. Pemasangan spesimen. Tempatkan paking karet vulkanisir melingkar berukuran diameter luar 100 mm kali diameter dalam 75 mm dan tebal 6 mm disetiap setengah uji. Masukkan sampel dan jepit kedua bagian sel uji untuk menutupnya.
- f. Takar larutan NaCl dan NaOH kemudian campurkan dengan air suling sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan



Gambar 3.39 Proses pencampuran NaCl dan NaOH

- g. Isi sisi sel yang berisi permukaan atas specimen dengan larutan NaCl 3,0% (sisi sel tersebut akan dihubungkan ke terminal negatif sisi sel yang lain akan dihubungkan ke internal positif satu daya.
- h. Pasang kabel timah ke tiang besi. Buat sambungan listrik ke peralatan pemberi tegangan dan pembacaan data sebagaimana mestinya.



Gambar 3.40 Proses pemasangan kabel ketiang besi

- i. Selama pengujian suhu udara disekitar spesifikasi suhu kisaran 20 hingga 25 °C
- j. Membaca dan mencatat arus setidaknya tiap 30 menit. Jika voltmeter digunakan bersama dengan resistor shunt untuk pembacaan arus, gunakan faktor skala yang sesuai untuk mengubah pembacaan tegangan menjadi ampere. Setiap separuh sel uji harus tetap terisi dengan larutan yang sesuai selama seluruh periode pengujian.

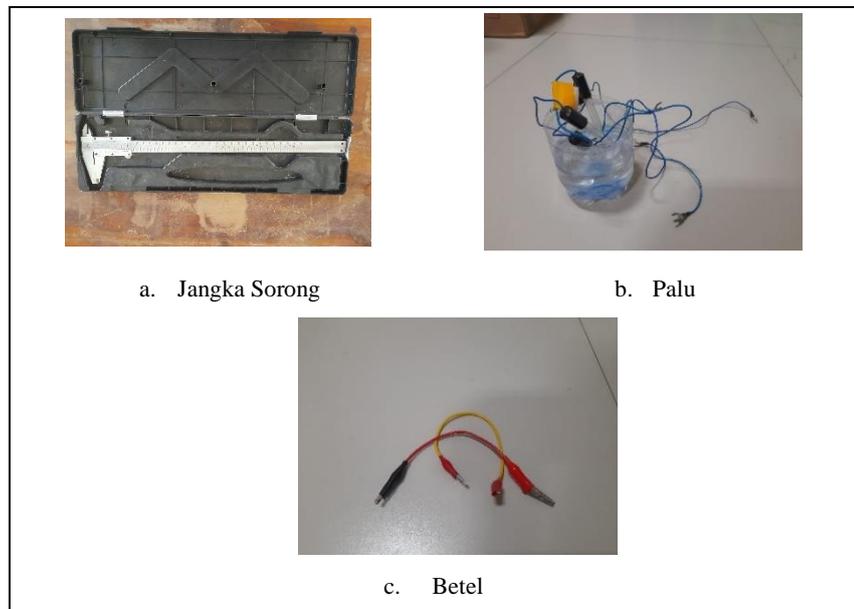


Gambar 3.41 Proses pembacaan arus pada multimeter

k. Hentikan pengujian setelah 6 jam.

5. Pengujian Penetration Depth

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian penetration depth dapat dilihat pada gambar 3.42.



Gambar 3.42 Alat Pengujian Penetration Depth

Adapun bahan yang digunakan dalam pengujian penetration depth adalah sebagai berikut:

a. Cairan  $AgNO_3$



Gambar 3.43 Cairan  $AgNO_3$

Adapun prosedur pada pengujian penetration depth adalah sebagai berikut:

- a. Setelah pengujian migration test benda uji dikeluarkan dari wadah dan diamkan selama 2 jam.
- b. Benda uji dibelah menjadi 2 bagian.



Gambar 3.44 Proses pembelahan spesimen

- c. Semprotkan cairan  $AgNO_3$  dan diamkan kurang lebih 2 jam, Kemudian ukur penetrasi klorida dengan menggunakan jangka sorong. Analisis colormetri dilakukan dengan cara apabila berwarna putih menunjukkan kedalaman penetrasi klorida



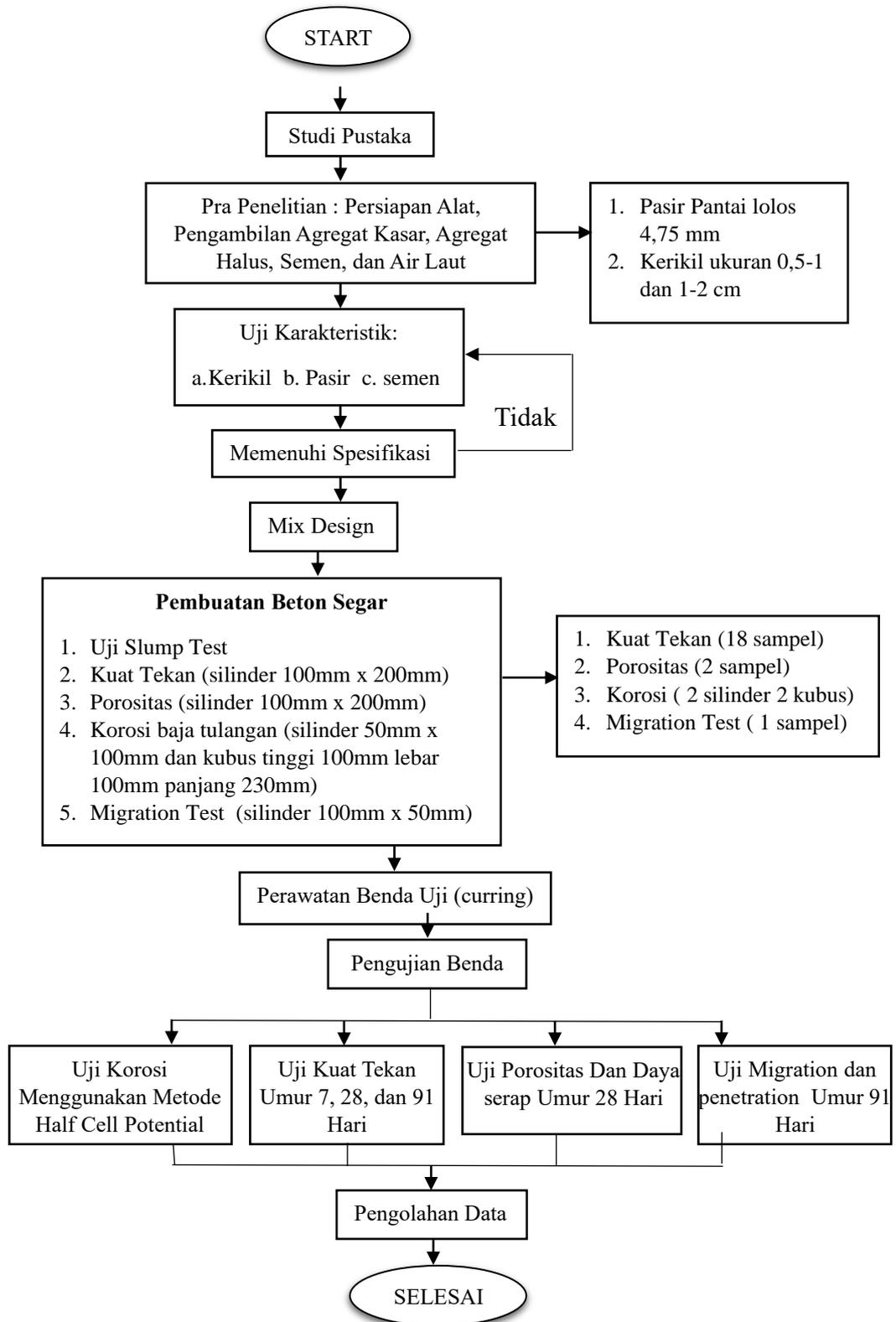
Gambar 3.45 Proses pengukuran

### 3.5 Analisis Perhitungan

- 3.5.1 adapun analisis perhitungan untuk uji kuat tekan dapat dilihat pada persamaan 2.21.
- 3.5.2 Adapun analisis perhitungan korosi baja tulangan dimana untuk melihat kriteria korosi berdasarkan Metode Half-cell potential dapat dilihat pada tabel 2.7.
- 3.5.3 Adapun analisis perhitungan untuk daya serap dapat dilihat pada persamaan 2.23.
- 3.5.4 Adapun untuk analisis perhitungan untuk porositas dapat dilihat pada persamaan 2.22.

3.5.5 Adapun analisis perhitungan migration test dan penetration depth dimana untuk mengetahui penetration ion klorida berdasarkan muatan yang dilalui dapat dilihat pada tabel 2.9.

### 3.6 Bagan alur/ Flowchart penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Slump Test

Hasil pengujian slump test pada campuran beton benda uji dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil uji slump untuk semua benda uji

No	Nama Benda Uji	Nilai Slum (cm)	Standar
1.	N-RS-T	17	SNI 2847-2019 Target slump adalah 6 cm sampai 18
2.	N-SS-T	19,5	

Berdasarkan hasil pengujian slump test pada Tabel 4.1 dapat dilihat nilai penurunan slump terendah adalah N-RS-T yaitu mengalami penurunan 17 cm sedangkan untuk penurunan nilai slump tertinggi adalah N-SS-T yaitu 19,5 cm.

Menurut SNI 2847-2019 target slump adalah 6 cm sampai 18 cm. Jadi setelah melakukan uji slump dimasing-masing benda uji, benda uji N-RS-T telah memenuhi syarat dan benda uji N-SS-T melebihi target hasil uji slump test. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni salah satunya karena kondisi ruangan yang tidak terkontrol dan kondisi agregat yang basah.

### 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 7 hari, 28 hari, dan 91 hari masing-masing dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari

Nama Sampel	No	Berat (kg)	Diameter			Tinggi (mm)	Load (kn)	stress		S. Deviasi
			d1	d2	dr			$\sigma$	tr	
N-RS-T	S1	3,591	100,00	100,18	100,090	200	120	22,60	0,894	
	S2	3,024	99,88	99,90	99,890	190,8	170			21,70
	S3	3,559	99,40	100,92	100,160	200,3	185			23,49
N-SS-T	S1	3,655	99,25	99,90	99,575	190,5	140	17,99	18,12	0,303

S2	3,534	99,56	100,04	99,800	200	145	18,55		
S3	3,518	99,85	100,11	99,980	197	140	17,84		

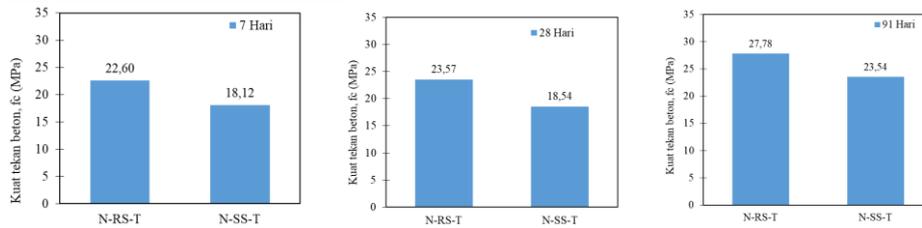
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

Nama Sampel	No	Berat (kg)	Diameter			Tinggi (mm)	Load (kn)	stress		S. Deviasi
			d1	d2	dr			$\sigma$	tr	
N-RS-T	S1	3,670	99,600	99,900	99,750	191	132,00		23,57	0,000
	S2	3,582	100,110	99,500	99,805	200	119,00			
	S3	3,593	99,450	100,000	99,725	200	184,00	23,57		
N-SS-T	S1	3,675	99,60	99,71	99,655	200,5	85,00		18,54	0,639
	S2	3,566	99,80	99,80	99,800	200,1	140,00	17,91		
	S3	3,558	99,81	99,80	99,805	200	150,00	19,18		

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 91 Hari

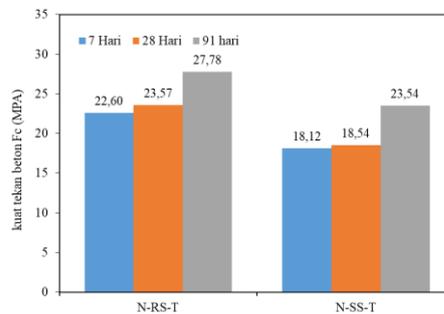
Nama Sampel	No	Berat (kg)	Diameter			Tinggi (mm)	Load (kn)	stress		S. Deviasi
			d1	d2	dr			$\sigma$	tr	
N-RS-T	S1	3,596	101,000	101,000	101,000	201	207,00	25,85	27,78	1,697
	S2	3,617	100,000	99,000	99,500	203	233,00	29,98		
	S3	3,540	100,000	100,000	100,000	203	216,00	27,52		
N-SS-T	S1	3,645	101,00	101,00	101,000	200	186,00	23,23	23,54	1,473
	S2	3,597	100,00	100,00	100,000	200	172,00	21,91		
	S3	3,610	99,00	101,00	100,000	200	200,00	25,48		

Berdasarkan tabel 4.2, 4.3 dan 4.4 hubungan antara kuat tekan beton dan standar deviasi dapat dilihat bahwa semua benda uji telah memenuhi standar deviasi yang ditentukan yaitu  $< 2,5 \%$ . Untuk menghitung standar deviasi yang dilakukan adalah menghitung nilai rata-rata dari setiap sampel uji pada penelitian, jika melebihi standar deviasi akan dilakukan penghilangan hasil uji sampel yang mengalami kelainan atau ketimpangan dengan hasil uji sampel lain. Adapun rekapiulasi data hasil kuat tekan beton umur 7, 28 dan 91 hari dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik nilai kuat tekan beton umur 7, 28 dan 91 hari

Dari gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa pada umur 7 hari nilai kuat tekan yang didapatkan pada variasi N-RS-T yaitu 22,60 mpa dan variasi N-SS-T yaitu 18,12 mpa. Umur 28 hari nilai kuat tekan yang didapatkan pada variasi N-RS-T yaitu 23,75 mpa dan variasi N-SS-T yaitu 18,84 mpa. Dan umur 91 hari nilai kuat tekan yang didapatkan pada variasi N-RS-T yaitu 27,78 mpa dan variasi N-SS-T yaitu 23,54 mpa. Adapun nilai perbandingan data uji kuat tekan umur 7, 28 dan 91 hari dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 7, 28 dan 91 hari

Berdasarkan gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir sungai sebagai agregat halus memiliki kuat tekan tinggi dibandingkan menggunakan pasir pantai. Hasil nilai kuat tekan tersebut juga dapat menunjukkan bahwa semakin lama umur sampel maka semakin tinggi nilai kuat tekannya yaitu pada variasi N-RS-T masing-masing pada umur 7,28 dan 91 yaitu 22,60 mpa, 23,57 mpa, dan 27,78 mpa. Sedangkan variasi N-SS-T masing-masing pada umur 7, 28 dan 91 yaitu 18,12 mpa, 18,54 mpa, dan 23,54 mpa. Semakin lama umur sampel maka semakin kuat pula daya rekat beton dan semakin merata variasi komposisi agregat kasar maka akan menghasilkan kuat tekan beton yang baik atau tinggi.

### 4.3 Hasil Pengujian Porositas dan Daya Serap

#### 4.3.1 Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas pada beton normal pada umur 28 hari dan 91 hari masing-masing dapat dilihat pada tabel 4.5 dan 4.6.

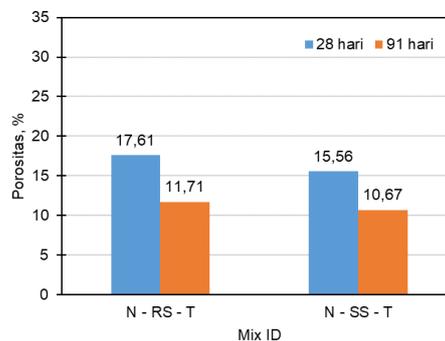
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian porositas 28 Hari

<b>Tipe</b>	<b>W<sub>1</sub>, gr</b>	<b>W<sub>2</sub>, gr</b>	<b>W<sub>3</sub>, gr</b>	<b>porositas</b>
N - RS - T	1976,8	3567	3287	17,61%
N - SS - T	1958,5	3610	3353	15,56%

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian porositas 91 Hari

<b>Tipe</b>	<b>W<sub>1</sub>, gr</b>	<b>W<sub>2</sub>, gr</b>	<b>W<sub>3</sub>, gr</b>	<b>porositas</b>
N - RS - T	515,1	891	847	11,71%
N - SS - T	516,7	901	860	10,67%

Berdasarkan tabel 4.5 dan tabel 4.6 umur 28 hari untuk benda uji N-RS-T dan N-SS-T masing-masing nilainya adalah 17,61% dan 15,56%. Sedangkan pada umur 91 hari nilai porositasnya turun menjadi masing-masing adalah 11,71% dan 10,67%. Adapun rekapitulasi data hasil pengujian porositas umur 28 dan 91 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 grafik perbandingan nilai porositas umur 28 dan 91 hari

Berdasarkan gambar 4.3 nilai porositas pada beton semakin lama umur sampel maka nilai porositas semakin kecil. Dan nilai porositas menggunakan pasir sungai lebih besar dibandingkan dengan menggunakan pasir pantai.

### 4.3.2 Pengujian Daya Serap

Hasil pengujian daya serap pada beton normal dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8.

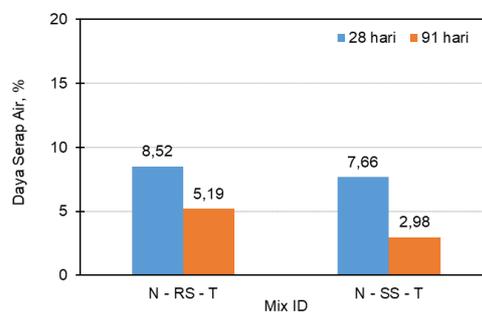
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian daya serap Umur 28 Hari

Type	W <sub>1</sub> , gr	W <sub>2</sub> , gr	W <sub>3</sub> , gr	Daya Serap air
N - RS - T	1976,8	3567	3287	8,52%
N - SS - T	1958,5	3610	3353	7,66%

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian daya serap Umur 91 Hari

Type	W <sub>1</sub> , gr	W <sub>2</sub> , gr	W <sub>3</sub> , gr	Daya Serap air
N - RS - T	515,1	891	847	5,19%
N - SS - T	516,7	901	860	4,77%

Berdasarkan tabel 4.7 dan tabel 4.8, umur 28 hari nilai daya serap untuk benda uji N-RS-T dan N-SS-T masing-masing nilainya adalah 8,52% dan 7,66%. Sedangkan pada umur 91 hari nilai daya serapnya turun menjadi masing-masing adalah 5,19% dan 4,77%. Adapun rekapitulasi data hasil pengujian porositas umur 28 dan 91 dapat dilihat pada gambar 4.4.



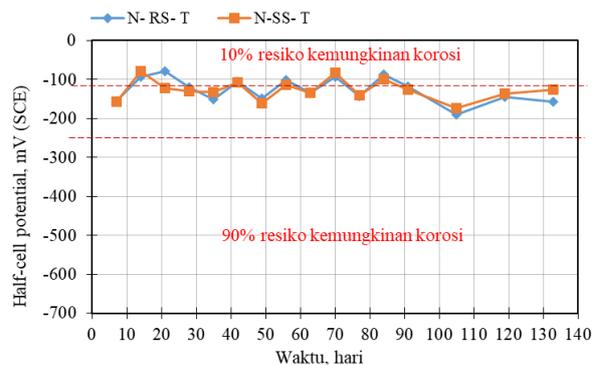
Gambar 4.4 grafik perbandingan nilai daya serap beton umur 28 dan 91 hari

Berdasarkan gambar nilai daya serap pada beton dengan menggunakan pasir sungai sebagai agregat halus lebih besar dibandingkan dengan menggunakan pasir pantai.

#### 4.4 Hasil Pengujian Korosi Baja Tulangan dengan Metode HCP

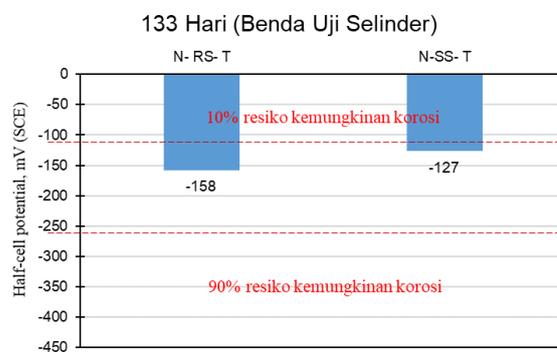
##### 4.1.1 Korosi baja tulangan metode HCP pada benda uji silinder 5 x 10 cm

Hasil pengujian korosi baja tulangan pada benda uji silinder ukuran 5 x 10 cm dengan menggunakan metode HCP dengan perlakuan *Dry-Wet Cycle* pada umur 7 sampai umur 133 hari dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Laju korosi metode HCP silinder 5x10 cm

Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan bahwa nilai laju korosi pada benda uji silinder dari umur 7 sampai 133 hari berada di range antara -79 mv sampai -190 mv. Nilai pengujian korosi merupakan hasil rata-rata dari 3 titik pengujian untuk setiap sampel. Adapun nilai korosi pada umur 133 hari dapat dilihat pada gambar 4.6.

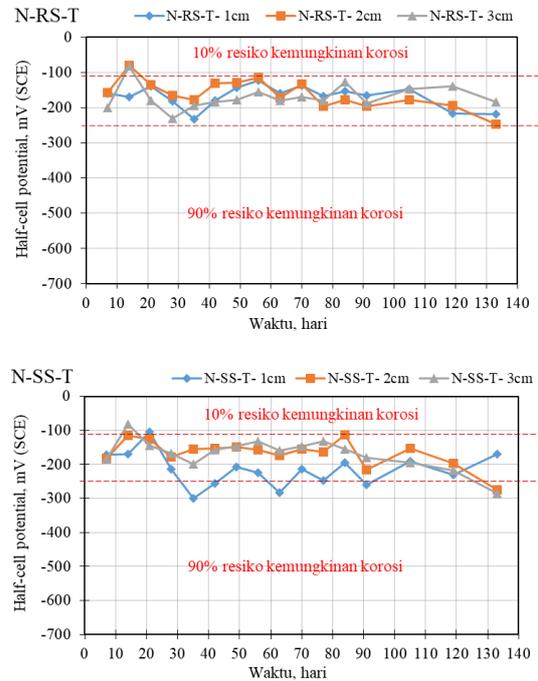


Gambar 4.6 Laju potensi korosi pada umur 133 hari

Dari gambar 4.6 pada umur 133 hari nilai korosi HCP variasi N-RS-T dan N-SS-T masing-masing -158mv dan -127mv. Berdasarkan ASTM C976 – 99 dapat disimpulkan bahwa kedua benda uji tersebut termasuk dalam kondisi korosi rendah atau 10% resiko terjadi korosi.

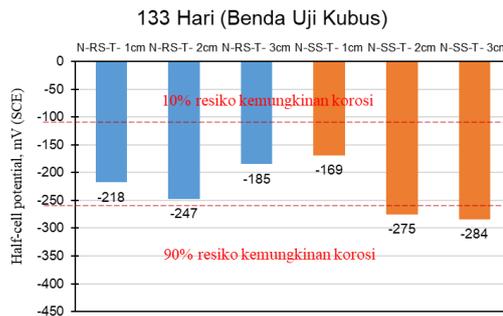
#### 4.1.2 Korosi baja tulangan metode HCP pada benda uji kubus

Hasil pengujian korosi baja tulangan pada benda uji kubus ukuran 10 x 10 x 23 cm dengan menggunakan metode HCP dengan perlakuan *Dry-Wet Cycle* pada umur 7 sampai umur 91 hari dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Laju potensi korosi benda uji kubus umur 7 sampai 133 hari

Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan bahwa nilai laju korosi pada benda uji kubus dari umur 7 sampai 133 hari variasi N-RS-T berada di range antara -80 mv sampai -247 mv. Nilai pengujian korosi merupakan hasil rata-rata dari 3 titik pengujian untuk setiap sampel dimana setiap sampel memiliki 3 tulangan dengan jarak tulangan yang berbeda terhadap selimut beton untuk setiap sampel yaitu jarak 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Adapun nilai korosi pada umur 133 hari dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Laju potensi korosi pada umur 133 hari

Dari gambar 4.8 pada umur 133 hari nilai korosi HCP benda uji kubus variasi N-RS-T dengan selimut beton 1 cm, 2 cm dan 3 cm masing masing -218mv, -247mv dan -185 mv sedangkan nilai N-SS-T dengan selimut beton 1cm, 2cm, dan 3cm masing-masing -169mv, -275mv dan -284m.

Berdasarkan ASTM C976 – 99 dapat disimpulkan bahwa benda uji N-RS-T pada hari ke 133 dengan selimut beton 1cm dan 2cm termasuk kategori resiko korosi menengah sedangkan selimut beton 3cm termasuk kategori resiko rendah. Variasi N-SS-T pada hari ke 133 dengan selimut beton 1cm termasuk termasuk kategori resiko rendah sedangkan selimut beton 2cm dan 3cm termasuk kategori resiko korosi menengah.

#### 4.5 Hasil Pengujian Migrations Test

Hasil pengujian migration test pada beton normal umur 91 hari dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil pengujian Migration test

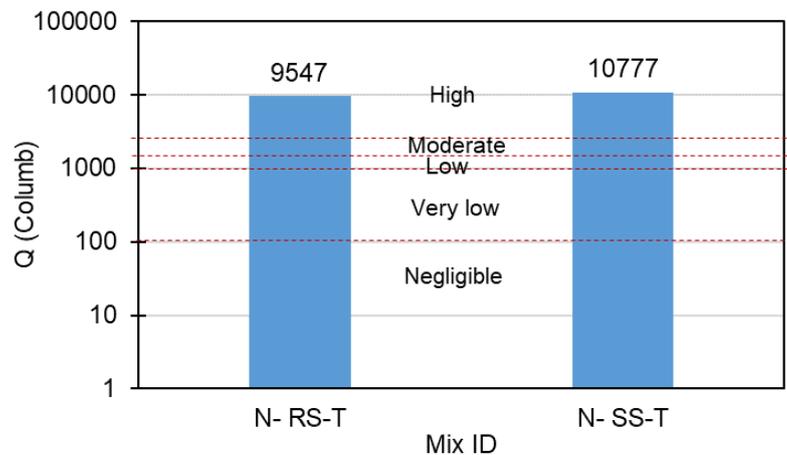
N- RS-T	Arus (Ampere)												Charge Passed, Q (Coulombs)	Chloride Ion Oenetrability	
	WAKTU PEMBACAAN (menit)														
SAMPEL	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360		
1	0,012	0,022	0,045	0,077	0,189	0,383	0,491	0,563	0,618	0,664	0,703	0,731	0,74	9435,6	High
2	0,025	0,046	0,066	0,105	0,209	0,319	0,413	0,565	0,596	0,658	0,718	0,8	0,858	9657,9	High
RATA-RATA	0,0185	0,034	0,0555	0,091	0,199	0,356	0,452	0,564	0,607	0,661	0,7105	0,7655	0,799	9546,75	high

N- SS-T	Arus (Ampere)												Charge Passed, Q (Coulombs)	Chloride Ion Oenetrability	
	WAKTU PEMBACAAN (menit)														
SAMPEL	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360		
1	0,027	0,045	0,066	0,084	0,122	0,213	0,285	0,367	0,437	0,493	0,543	0,587	0,622	6979,5	High
2	0,023	0,051	0,087	0,205	0,525	0,677	0,725	0,767	0,844	0,943	1,035	1,1	1,126	14573,7	High
RATA-RATA	0,025	0,048	0,0765	0,1445	0,3235	0,445	0,505	0,567	0,6405	0,718	0,789	0,8435	0,874	10776,6	high

Dari tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa dari waktu 0 sampai 360 menit semakin lama waktu pembacaan maka semakin tinggi arusnya. Didapatkan

nilai rata-rata nilai migration test untuk N-RS-S dan N-SS-T sebesar 9546,75 C dan 10776,6 C. Adapun rekapitulasi data hasil pengujian migration test berdasarkan tabel 4.14 dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Hasil pengujian migration test

Berdasarkan tabel 4.9 didapatkan rata-rata nilai migration test untuk N-RS-S dan N-SS-T sebesar 9546,75 C dan 10776,6 C. Menurut ASTM C-1202 penetrabilitas ion klorida berdasarkan muatan yang dilalui 2 variasi benda uji masuk dalam kategori penetrasi ion klorida tinggi ( high) dimana dalam kategori ini nilai column yang dilalui > 4000.

#### 4.6 Pengujian penetration depth

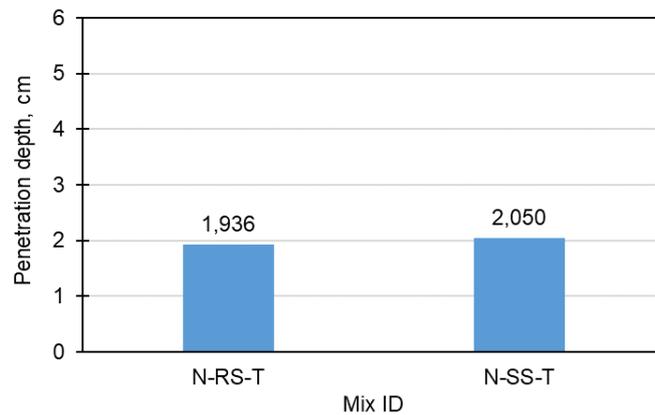
Hasil pengujian penetration depth pada beton normal umur 91 hari dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Penetration Depth

N-RS-T								
Sampel	TITIK PEMBACAAN ( CM)							Penetration depth (cm)
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2,2	2,3	2,2	1	2,1	2,2	1,8	1,971
2	1,85	2,4	2,4	1,4	1,85	1,85	1,55	1,900
rata-rata								1,936
N-SS-T								
Sampel	TITIK PEMBACAAN ( CM)							Penetration depth (cm)
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2,8	3,1	2	2,2	2,1	2,3	1,9	2,343
2	1,95	2,1	1,4	1,8	1,65	1,8	1,6	1,757
rata-rata								2,050

Dari tabel 4.10 nilai rata-rata penetration depth pada variasi penggunaan pasir sungai dan pasir pantai yaitu 1,936 cm dan 2,050 cm. Adapun

rekapitulasi data hasil pengujian penetration depth pada umur 91 hari dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Hasil penetration depth

Berdasarkan gambar 4.10 tingkat kedalaman penetration depth pada variasi N-RS-T lebih rendah dibandingkan dengan variasi N-SS-T. dapat disimpulkan bahwa apabila selimut beton 2cm maka *chloride* sudah bisa masuk ketulangan, dan jika dibandingkan dengan pengujian korosi dengan benda uji silinder yang selimut betonnya 2,5cm masih tergolong aman atau 10% resiko rendah korosi. Namun pada benda uji kubus pengujian korosi pada selimut beton 1cm dan 2cm sudah termasuk resiko korosi menengah.

Jadi, dari hasil dan pembahasan beberapa pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa kuat tekan tinggi dengan porositas dan daya serap tinggi dengan ion chloride tinggi dan tingkat korosinya tingkat menengah pada benda uji kubus. Selain itu juga didapatkan bahwa semakin lama umur sampel, kuat tekan semakin tinggi sedangkan daya serap dan porositas semakin rendah. Hal ini salah satu penyebabnya adalah Semakin lama umur sampel maka semakin kuat pula daya rekat beton dan semakin merata variasi komposisi agregat kasar. Pada hasil yang didapatkan bisa diindikasikan mutu beton yang dicapai pada umur 91 hari variasi penggunaan pasir sungai yaitu K300 dan variasi penggunaan pasir pantai yaitu K275 bisa dilihat pada tabel 2.4. klasifikasi mutu beton K 275 dan K300 penggunaannya dapat dijadikan sebagai bahan beton struktur yang digunakan dalam berbagai

pekerjaan, seperti pembesian, finishing beton, pondasi, bekisting, dan pasangan bata,

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari Hasil Penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Pengaruh variasi penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri, dimana hasil kuat tekan menggunakan pasir sungai lebih besar dibandingkan dengan penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus. Hasil kuat tekan variasi penggunaan pasir pantai dan pasir sungai meningkat secara signifikan dan ini membuktikan bahwa semakin lama umur sampel maka semakin kuat pula daya rekat beton dan semakin merata variasi komposisi agregat kasar maka akan menghasilkan kuat tekan beton yang baik.
2. Nilai porositas pada beton normal menggunakan pasir pantai lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan pasir sungai. Nilai porositas pada umur 91 mengalami penurunan, hal ini membuktikan bahwa hasil nilai porositas semakin lama semakin rendah yang hal ini berbeda dengan pengujian kuat tekan yang akan semakin bagus atau kuat tekan tinggi.
3. Daya serap pada beton normal menggunakan pasir pantai lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan pasir sungai.
4. Berdasarkan pengukuran korosi dengan metode HCP pada benda uji silinder dengan selimut beton 2,5 cm pada umur 133 hari dengan tingkat korosi masih rendah. Sedangkan pada benda uji kubus dengan selimut beton 1,2 dan 3 cm pada umur 133 hari mengalami tingkat korosi pada selimut 2 dan 3 telah mencapai 90 % kemungkinan korosi.
5. Nilai migration test menggunakan pasir pantai lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan pasir sungai sebagai agregat halus. Nilai migration pada 2 variasi tersebut termasuk dalam kategori penetrasi ion klorida tinggi (*high*) dimana dalam kategori ini nilai column yang dilalui > 4000.

Semakin tinggi kategori penetration klorida maka semakin cepat laju chloride masuk pada beton.

6. Nilai penetration depth variasi pasir pantai lebih tinggi dibandingkan dengan variasi pasir. Kedalaman penetration depth telah mencapai 2cm Jadi digunakan selimut beton 2cm maka chloride sudah masuk ketulangan, dan jika dibandingkan dengan pengujian korosi dengan benda uji silinder yang selimut betonnya 2,5cm masih tergolong aman atau 10% resiko rendah korosi. Namun pada benda uji kubus pengujian korosi pada selimut beton 1cm dan 2cm sudah termasuk resiko korosi menengah.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun beberapa saran sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian lebih spesifik tentang penggunaan pasir pantai pengganti pasir sungai sebagai agregat halus.
2. Lebih memerhatikan lagi kondisi baik dari segi bahan agregat yang akan digunakan dalam penelitian maupun sampel benda uji pada saat perawatan yang dimana seperti diketahui Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Unsulbar masih *uncontrolled laboratory*.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society For Testing And Materials (ASTM), 2019. C 642-27, metode uji standar untuk kepadatan, penyerapan, dan rongga pada beton keras. ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], 2015. C876 – 15, Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. s.l., ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM],2012. C1202-12, Metode Uji Standar Untuk Indikasi Listrik Kemampuan Beton Menolak Klorida Penetrasi Ion<sup>1</sup>.ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM],C-150, *Standard specification for Portland Cement* . ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C-188, *Standard specification for Concrete Aggregates*. ASTM.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. SNI 2049:2015, Semen Portland. Jakarta,
- Badan Standardisasi Nasional, 2002. SNI 03-2847-2002, Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019. SNI 2849:2019, Persyaratan beton struktural untuk bangunan. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI 03-1969-1990, Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 2493:2011, Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. SNI 7656:2012, Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, berat beton dan massa. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2009. SNI 1972:2008, Cara uji slump beton. Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 1990. SNI 03-1968-1990, Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Jakarta, BSN.

- Badan Standarisasi Nasional, 2089. SNI 03-2816-1992, Metode pengujian Organik dalam pasir untuk campuran mortar dan beton. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2089. SNI 03-1971-1990, Metode pengujian kadar air agregat. Jakarta, BSN.
- Gunaltum, 2004. “ *korosi baja tulangan*”. [https://www.google.com/search?q=menurut+Roberge+korosi+ada-lah&esc\\_esv](https://www.google.com/search?q=menurut+Roberge+korosi+ada-lah&esc_esv). Diakses pada tanggal 9 juni 2023 pukul 09.00 WITA.
- Ida nur Khamida (2023), *pembuatan beton berpori dengan menggunakan cangkang sawit sebagai pengganti kerikil*. Hasil tugas akhir. Hasil tugas akhir. Universitas Bandar Lampung.
- Limeira, J., Agulló, L., & Etxeberria, M. (2012). Dredged marine sand as a new source for construction materials. *Materiales de Construcción*, 62(305), 7-24.
- Maruddin, M., Asdin, B. R., & Harsid, M. T. K. (2019). Pemanfaatan Pasir Pantai Sinjai Sebagai Bahan Material Alternatif Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(2), 138-143.
- Muchlisin Riardi, 2019. “ *mekanisme korosi*”. [https://www.google.com/search?q=menurut+muckhsin+reaksi+korosi&sca\\_esv](https://www.google.com/search?q=menurut+muckhsin+reaksi+korosi&sca_esv). Diakses pada tanggal 3 juni 2023 pukul 09.00 WITA.
- Pamungkas, 2012. “ *industry pemecah baru*” [https://www.google.com/search?q=menurut+pamungkas+2012+pengertian+beton+ada\\_id](https://www.google.com/search?q=menurut+pamungkas+2012+pengertian+beton+ada_id). Diakses pada tanggal 3 juni pukul 09.00 WITA.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut dan Air Laut dalam Campuran Beton. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 28(1), 109-117.
- Ramaswamy, S., Aziz, M., & Murthy, C. (1982). Sea dredged sand for concrete. *Extending Aggregate Resources*, 167-177.
- Rifki, M., Prasetiowati, S. H., Masduqi, E., & Setyaningrum, A. (2023). KARAKTERISTIK BETON DENGAN CAMPURAN PASIR

PANTAI SEBAGAI AGREGAT HALUS. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1).

Sianturi, H., & Rambe, M. R. (2022). ANALISA PENGGUNAAN PASIR PANTAI NATAL DENGAN CAMPURAN CANGKANG BUAH SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL. *STATIKA*, 5(2), 1-10.

Setiyadi, S., & Abdusalam, A. (2019). Pengaruh Penggantian Agregat Halus Dengan Pasir Pantai Dan Penambahan Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton. *Teras*, 9(2), 57-67.

Ulinnuha, M., 2020. Pengertian dan Kelebihan Beton. <https://mitech-ndt.co.id/pengertian-dan-kelebihan-beton/> (Online). Diakses pada 3 Oktober 2023.

WISMAN, R. (2022). PENGARUH PEMANFAATAN PASIR LAUT SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS PADA BETON NORMAL (Doctoraldissertation, Universitas\_Muhammadiyah\_Mataram)

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Uji Material Penelitian

Jenis Material	: Pasir Mapilli
Pekerjaan	: Penelitian
Proyek	: Penelitian
Dikerjakan	: NUR NANENGS
Diperiksa	: Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.
Tanggal Pemeriksaan	: 19 Juni 2023

### ANALISA SARINGAN/GRADASI AGREGAT HALUS

Berat contoh kering 1 : 1500 gram

Nomor saringan	Berat tertahan, gr	Persen Tertahan, %	∑ Persen Tertahan, %	Persen lolos, %
4	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	100,00
16	6,00	0,00	0,00	100,00
30	4,00	0,55	0,55	99,45
50	847,00	0,37	0,92	99,08
100	219,00	77,64	78,56	21,44
200	15,00	20,07	98,63	1,37
PAN	8,80	1,37	100,00	0

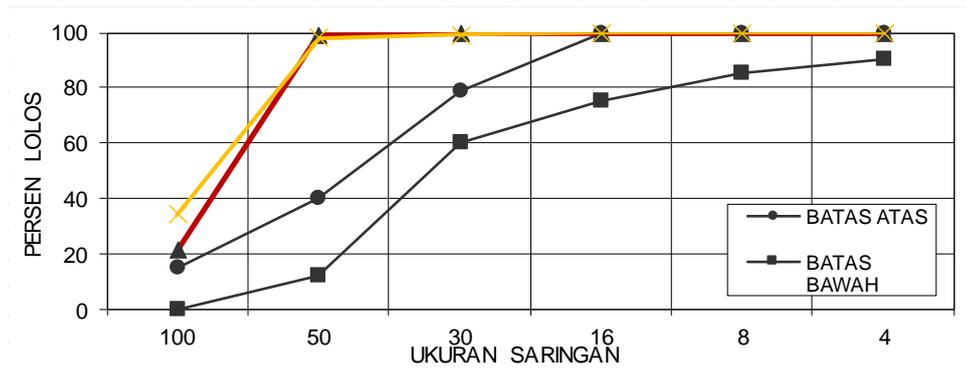
Berat contoh kering 2 : 1500 gram

Nomor saringan	Berat tertahan, gr	Persen Tertahan, %	∑ Persen Tertahan, %	Persen lolos, %
4	0,00	0,00	0,00	100,00
8	0,00	0,00	0,00	100,00
16	11,00	0,00	0,00	100,00
30	12,00	1,00	1,00	99,00
50	701,00	1,09	2,09	97,91
100	265,00	63,74	65,83	34,17
200	19,00	24,10	89,93	10,07
PAN	1,80	1,73	91,65	8,35

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{178,66}{100} = 1,79\%$$

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{158,86}{101} = 1,57\%$$

$$\text{Rata-rata} = 1,68\%$$



AGREGAT HALUS (PASIR) MASUK DALAM ZONA GRADASI NO. 3

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh,

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGI**

Jenis Material : Pasir Mapilli  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGI  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS**

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat piknometer		203	203	Gram
Berat pasir dalam keadaan jenuh kering muka	SSD	500	500	Gram
Berat piknometer berisi pasir dan air	Bt	992	984	Gram
Berat piknometer berisi air	B	725	725	Gram
Berat talang		446	446	Gram
Berat pasir setelah kering	Bk	485	480	Gram

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Apparent spesific gravity $= \frac{Bk}{Bk + B - Bt}$	2,22	2,17	2,20
Bulk spesific gravity on dry basic $= \frac{Bk}{SSD + B - Bt}$	2.08	1,99	2,04
Bulk spesific gravity SSD basic $= \frac{SSD}{SSD + B - Bt}$	2,15	2,07	2,11
Water absorption $= \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\%$	3,03	4,17	3,63

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGI**

Jenis Material : Pasir Mapilli  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Uraian	Unit	Kondisi Padat		Kondisi Lepas		Satuan
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
Volume kontainer (liter)	V	1570	1570	1570	1570	Liter
Berat kontainer isi kosong	W1	4672,5	4672,5	4672,5	4672,5	Kg
Berat kontainer + pasir	W2	6615	6826	7955	8096	Kg
Berat Volume = $\frac{W2-W1}{V}$		1,237	1,372	2,091	2,181	kg/liter
<b>Berat volume rata-rata</b>		1,664		1.776		

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Mapilli  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS**

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat pasir kering tungku sebelum dicuci	W1	500	500	Gram
Berat pasir kering tungku setelah dicuci + Talang	W2	946	946	Gram
Berat talang	W3	446	446	Gram
Berat pasir kering tungku setelah dicuci	W4	466	496	Gram
Kadar butir lolos ayakan No.200		7,3	0,01	%
Kadar lumpur		7,3	0,01	%
<b>Kadar lumpur rata-rata</b>		3,65		%

**KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS**

**SNI 196 2008**

Benda Uji	Standar Colour (No. 3)		
	<#3	=#3	>#3
Sampel 1	No. 2		
Sampel 2	No. 2		

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan *warna no. 2 (non organik)*, sehingga perlu/tidak perlu dicuci sebelum digunakan sebagai bahan campuranbeton.

Diperiksa oleh,

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh,

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Mapilli  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**KADAR AIR AGREGAT HALUS**

Berat Contoh Basah :500 gram

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat talang	A	446	446	Gram
Berat talang + pasir	B	2446	2446	Gram
Berat pasir = B – A	C	2000	2000	Gram
Berat pasir setelah kering	D	940	931	Gram
Kadar air $= \frac{C - D}{C} \times 100\%$		0,530	0,535	%
<b>Rata-rata kadar air</b>		0,53		%

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Mapilli  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2%-1%	3,65	Tidak memenuhi
2.	Kadar air	0,5%-2%	0,53 %	memenuhi
3.	Berat volume			
	a. kondisi lepas	1,6-1,9 kg/L	1,6 kg/L	memenuhi
	b. kondisi padat	1,6-1,9 kg/L	1,7 kg/L	memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6-3,2	2,11	memenuhi
5.	Modulus kehalusan	1,6-3,2	1,68	memenuhi

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

## Lampiran 2: Uji Material Penelitian

Jenis Material : Pasir Pamboang  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### ANALISA SARINGAN/GRADASI AGREGAT HALUS

Berat contoh kering 1 : 1100 gram

Nomor saringan	Berat tertahan, gr	Persen Tertahan, %	$\Sigma$ Persen Tertahan, %	Persen lolos, %
3/8	0	0,00	0,00	100,00
4	1	0,10	0,10	99,90
8	12	1,22	1,32	98,68
16	91	9,27	10,59	89,41
30	416	42,36	52,95	47,05
50	302	30,75	83,71	16,29
100	155	15,78	99,49	0,51
PAN	5	0,51	100,00	0

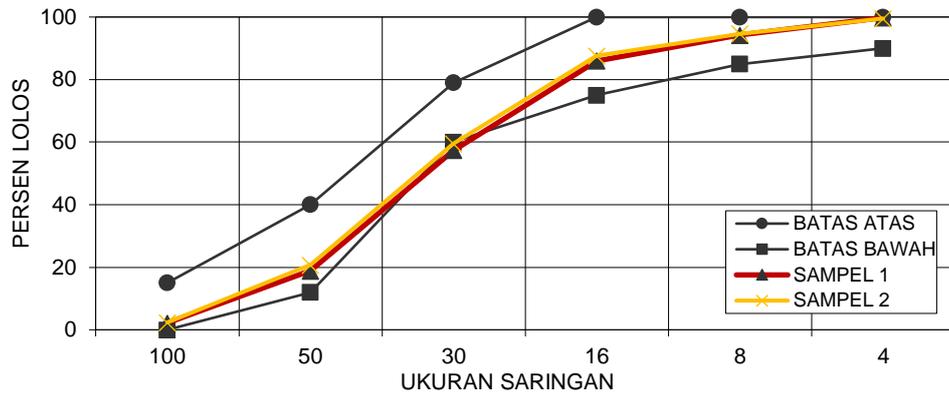
Berat contoh kering 2 : 1100 gram

Nomor saringan	Berat tertahan, gr	Persen Tertahan, %	$\Sigma$ Persen Tertahan, %	Persen lolos, %
3/8	0	0,00	0,00	100,00
4	1	0,10	0,10	99,90
8	1	0,10	0,21	99,79
16	9	0,93	1,14	98,86
30	26	2,68	3,82	96,18
50	564	58,20	62,02	37,98
100	356	36,74	98,76	1,24
PAN	12	1,24	100,0	0,00

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{248,17}{100} = 2,48\%$$

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{166,05}{100} = 1,66\%$$

$$\text{Rata-rata} = 2,07\%$$



AGREGAT HALUS (PASIR) MASUK DALAM ZONA GRADASI NO. 3

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh,

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENCSI**

Jenis Material : Pasir Pamboang  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS**

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat piknometer		203	203	Gram
Berat pasir dalam keadaan jenuh kering muka	SSD	500	500	Gram
Berat piknometer berisi pasir dan air	Bt	998	1002	Gram
Berat piknometer berisi air	B	725	725	Gram
Berat talang		446	446	Gram
Berat pasir setelah kering	Bk	295	248	Gram

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Apparent specific gravity $= \frac{Bk}{Bk + B - Bt}$	13,41	-8,55	2,43
Bulk specific gravity on dry basic $= \frac{Bk}{SSD + B - Bt}$	1,30	1,11	1,21
Bulk specific gravity SSD basic $= \frac{SSD}{SSD + B - Bt}$	2,20	2,24	2,22
Water absorption $= \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100$	69,49	101,61	85,55

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGI**

Jenis Material : Pasir Pamboang  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Uraian	Unit	Kondisi padat	Kondisi lepas	satuan
Volume kontainer(liter)	V	1570	1570	Liter
Berat kontainer isikosong	W1	4672,5	4672,5	Gram
Berat kontainer + pasir	W2	6883	6989	Gram
Berat Volume = $\frac{W2-W1}{V}$		1408	1475	Kg/liter

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Pamboang  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS**

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat pasir kering tungku sebelum di cuci (W1)	W1	500	500	gram
Berat pasir kering tungku setelah dicuci + talang (W2)	W2	946	946	gram
Berat talang (W3)	W3	446	446	gram
Berat pasir kering tungku setelah dicuci (W4)	W4	494	483	gram
Kadar butir lolos ayakan No. 200		1.21	3.52	%
Kadar lumpur		1.21	3.52	%
<b>Kadar lumpur rata-rata</b>		<b>2.37</b>		<b>%</b>

**KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS**

**SNI 196 2008**

Benda Uji	Standar Colour (No. 3)		
	<#3	=#3	>#3
Sampel 1	No. 2		
Sampel 2	No. 2		

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan **warna no. 2 (non organik)**, sehingga perlu/tidak perlu dicuci sebelum digunakan sebagai bahan campuran beton.

Diperiksa oleh,

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh,

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Pamboang  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**KADAR AIR AGREGAT HALUS**

Berat Contoh Basah :500 gram

Uraian	Unit	Berat		satuan
		sampel 1	sampel 2	
Berat kosong talang	A	446	446	gram
Berat talang + benda uji	B	2446	2446	gram
Berat benda uji, $C = B - A$	C	2000	2000	gram
Berat benda uji kering	D	955	948	gram
Kadar air = $\frac{C - D}{C} \times 100\%$		0.523	0.526	%
<b>rata-rata kadar air</b>		<b>0.52</b>		<b>%</b>

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Pasir Pamboang  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

No.	Parameter pengujian	Interval	Hasil Pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2% - 1%	2,37	Tidak memenuhi
2.	Kadar air	0,5% - 2%	0,52	Memenuhi
3.	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1,4 – 1,9 kg/l	1,40	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1,4 – 1,9 kg/l	1,47	Memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6 – 3,2	2,22	Memenuhi
5.	Modulus kehalusan	1,6 – 3,2	2,07	Memenuhi

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

### Lampiran 3: Uji Material Penelitian

Jenis Material : Kerikil Anato  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### ANALISA SARINGAN/GRADASI AGREGAT KASAR

Berat contoh kering 1 : 1500 gram

Nomor Saringan	Berat Tertahan, gr	Persen Tertahan, %	S Persen Tertahan, %	Persen Lolos, %
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	3,00	0,55	0,55	99,45
3/8	17,00	3,10	3,64	96,36
4	107,00	19,49	23,13	76,87
pan	422,00	76,87	100,00	0,00

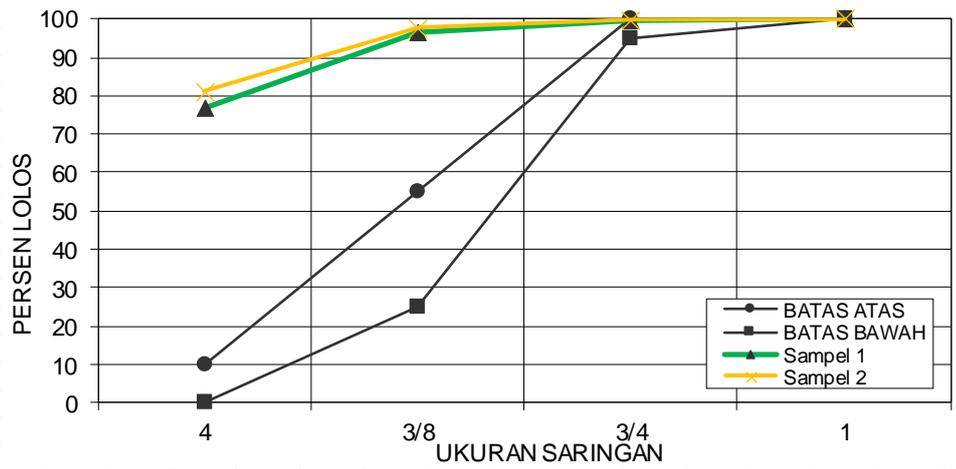
Berat contoh kering 1 : 1500 gram

Nomor Saringan	Berat Tertahan, gr	Persen Tertahan, %	S Persen Tertahan, %	Persen Lolos, %
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	1,00	0,18	0,18	99,82
3/8	12,00	2,19	2,37	97,63
4	91,00	16,58	18,94	81,06
pan	416,00	75,77	94,72	5,28

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{527,324}{100} = 5,3 \%$$

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir 1} = \frac{495,082}{101} = 4,9\%$$

$$\text{Rata-rata} = 5,09\%$$



AGREGAT KASAR (KERIKIL) MASUK DALAM ZONA GRADASI NO. 2

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGI**

Jenis Material : Kerikil Anato  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Taggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**BERAT JENIS PENYERAPAN AGREGAT KASAR**

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat kerikil setelah dikeringkan	Bk	3299	3327	gram
Berat kerikil dalam air	Ba	7,5	7,5	gram
Berat kerikil keadaan jenuh kering muka, SSD	Bj	3347	3308	gram

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Apparent specific gravity $= \frac{Bk}{Bk - Ba}$	1,002	1,002	1,00
Bulk specific gravity on dry basic $= \frac{Bk}{Bj - Ba}$	0,988	1,008	1,00
Bulk specific gravity SSD basic $= \frac{Bj}{Bj - Ba}$	1,002	1,002	1,00
Water absorption $= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,455	0,574	1,01

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGI**

Jenis Material : Kerikil Anato  
 Pekerjaan : Penelitian  
 Proyek : Penelitian  
 Dikerjakan : NUR NANENGS  
 Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
 Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**BERAT VOLUME AGREGAT KASAR**

Uraian	Unit	Kondisi Padat		Kondisi Lepas		Satuan
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
Volume kontainer(liter)	v	1570	1570	1570	1570	Liter
Berat kontainer isikosong	W1	8.704	8.704	8.704	8.704	Kg
Berat kontainer + kerikil	W2	16.543	16.279	15.802	15.807	Kg
Berat benda uji (W1-W2)	D	7.839	7.575	7.098	7.103	Kg
Berat Volume = $\frac{D}{V}$		1,39	1.48	1,30	1,30	kg/liter
<b>Berat volume rata-rata</b>		1.45		1.34		

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Kerikil Anato  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

**KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR**

<b>Uraian</b>	<b>Unit</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Berat kering tungku sebelum dicuci	W1	500	500	gram
Berat kering tungku setelah dicuci + talang	W2	947	930	gram
Kadar lumpur		0,40	4,0	%
<b>Kadar lumpur rata-rata</b>		2,2		%

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Kerikil Anato  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Taggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### KADAR AIR AGREGAT KASAR

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat talang	A	446	446	gram
Berat talang + benda uji	B	1946	1946	gram
Berat benda uji = B-A	C	1500	1500	gram
Berat benda uji kering	D	1475	1485	gram
Kadar air $= \frac{C-D}{C} \times 100\%$		0,017	0,010	%
<b>Rata-rata kadar air</b>		0,01		%

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**

Jenis Material : Kerikil Anato  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : Kasmawati  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Taggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

### REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

No	Parameter pengujian	Interval	Hasil pengamatan	Keterangan
1.	Kadar lumpur	0,2-1%	2,2%	Tidak memenuhi
2.	Kadar air	0,2-5%	0,01 %	Tidak memenuhi
3.	Berat volume			
	a. kondisi lepas	1,4-1,9 kg/L	1,6 kg/L	memenuhi
	b. kondisi padat	1,4-1,9 kg/L	1,8 kg/L	memenuhi
4.	Berat jenis SSD	1,6-3,2	3,32 kg/L	memenuhi
5.	Modulus kehalusan	5,5%-8,5%	5,09 kg/L	memenuhi

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENCSI**

#### Lampiran 4: Uji Material Penelitian

Jenis Material : Semen  
Pekerjaan : Penelitian  
Proyek : Penelitian  
Dikerjakan : NUR NANENGS  
Diperiksa : Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.T.  
Tanggal Pemeriksaan : 19 Juni 2023

#### BERAT JENIS SEMEN

Uraian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat semen	W	64	64	gram
Volume zat air 1	V1	-2,5	-2,6	ml
Volume zat air 2	V2	17,3	18,2	ml
Berat jenis semen portland		3,23	3,08	gr/cm <sup>3</sup>
Rata-rata		3,15		gr/cm <sup>4</sup>

Diperiksa oleh:

Koord. Lab Struktur dan Bahan

Dikerjakan Oleh:

**Dr. Eng. Dahlia Patah, S.T., M.Eng.**

**NUR NANENGS**